

Л. Д. Пономарёв
А. Н. Евсеев

Конструкции юных радиолюбителей

Издательство «Радио и связь»



Основана в 1947 году
Выпуск 1138

Л. Д. Пономарёв
А. Н. Евсеев

Конструкции юных радиолюбителей

Издание второе,
переработанное и дополненное



Москва
«Радио и связь» 1989

ББК 32.844
П56
УДК 621.397.13:681.136.51

Рецензент *В. Г. Борисов*

Пономарёв Л. Д., Евсеев А. Н.

П 56 Конструкции юных радиолюбителей. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1989. — 128 с.: ил. — (Массовая радиобиблиотека. Вып. 1138).

ISBN 5-256-00206-6.

Описаны различные устройства (электронные игры, учебно-наглядные пособия, приборы для использования в быту и др.), выполненные из деталей, имеющихся в перечне Посылторга. Все приведенные устройства были собраны и проверены в работе радиолюбителями. Первое издание вышло в 1985 г. Материал настоящего издания расширен и обновлен. Приведены подробные сведения по монтажу и наладке устройств.

Для широкого круга радиолюбителей.

П $\frac{2302020000-051}{046(01)-89}$ 83–89 **ББК 32.844**

Научно-популярное издание

Массовая радиобиблиотека. Вып. 1138

Пономарёв Лев Дмитриевич
Евсеев Андрей Николаевич

КОНСТРУКЦИЯ ЮНЫХ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ

Руководитель группы МРБ И. Н. Суслова
Редактор И. Н. Суслова
Художественный редактор А. В. Проценко
Обложка художника А. С. Дзуцева
Технический редактор А. Н. Золотарева
Корректор Г. Г. Казакова

ИБ № 1768

Подписано в печать с оригинала-макета 23.12.88. Т-18599. Формат 60Х90 1/16.
Бумага тип. № 3. Гарнитура „Универс". Печать высокая.
Усл печ. л. 8,0. Усл. кр.-отт. 8,25. Уч.-изд. л. 10,40. Тираж 200000 экз.
Ответственный за выпуск Томский редакционно-издательский отдел,
634055, Томск, проспект Академический, 1.
Изд № 22238. Заказ № 536. Цена 75 к.
Издательство „Радио и связь". 101000 Москва, Почтамт, а/я 693.

Отпечатано в типографии издательства „Прейскурантиздат".
125438, Москва, Пакгаузное шоссе, д. 1.

ISBN 5-256-00206-6

О КЛУБЕ "ЭЛЕКТРОН"

Дворец культуры Тульского комбайнового завода хорошо знаком многим молодым радиоспециалистам и радиолюбителям города и области. Здесь в середине шестидесятых годов открылся кружок юных радиолюбителей, выросший в последующие годы в своеобразный штаб по пропаганде радиотехнических знаний — клуб научно-технического творчества молодежи (НТТМ) "Электрон", который вот уже почти четверть века возглавляет страстный радиолюбитель Лев Дмитриевич Пономарев. В клубе ребята познают азы радиоэлектроники, грамоту схемотехники, приобщаются к коллективной конструкторской деятельности, получают хорошую нравственную закалку. Многие из них были конструкторами оригинальных радиоэлектронных приборов и устройств, лауреатами и призерами различных смотров и конкурсов юных техников.

О творческих успехах клуба "Электрон" красноречиво говорят такие факты: он — двадцатикратный участник и дипломант ВДНХ СССР, участник всех центральных выставок НТТМ, неоднократный победитель Всесоюзной заочной выставки "Твори, выдумывай, пробуй!" Более двухсот воспитанников клуба награждены медалями "Юный участник ВДНХ СССР", нагрудными знаками "Лауреат НТТМ".

И еще пример, характеризующий влияние клуба на формирование интереса к будущей профессии: примерно третья часть ребят, занимавшихся в клубе, избрали радиоэлектронику спутником жизни, поступили на соответствующие факультеты в училища, техникумы, институты. Некоторые из них, уже став радиоспециалистами, и сейчас продолжают посещать клуб, но уже как наставники, консультанты. К числу таких относится, например, Андрей Николаевич Евсеев.

За многие годы деятельности "Электрона" в нем утвердились хорошие, заслуживающие внимания традиции, формы работы. Девиз "Научился сам — научи других!", например, стал незыблемым законом всей жизни клуба: новичкам помогают более опытные, а им — старшеклассники и бывшие воспитанники клуба. В свою очередь, каждый член клуба выполняет общественное поручение — пропагандирует радиотехническое творчество среди товарищей по школе, периодически знакомит их с разработками клуба, всячески содействует организации школьных технических кружков.

В "Электроне" считают, что увлечение радиоэлектроникой непременно должно иметь общественно полезную направленность. Решению задачи воспитательного значения помогают тесные контакты клуба с научно-исследовательскими институтами, учебными заведениями, школами и промышленными предприятиями города, выполнение их заказов и разработка конструкций по их заданиям. В результате этого в школе № 22 Тулы появилась телефонная станция, обеспечивающая проводную связь между кабинетом директора и находящимися на разных этажах комнатами преподавателей. Для кабинета профориентации этой же школы активом клуба разработано около двух десятков электронных устройств-автоматов для исследования логического мышления, координации движения рук, быстроты приема и переработки зрительной информации. Результаты исследований позволяют судить о пригодности сегодняших школьников к тем или иным видам работ и давать рекомендации по

выбору будущей профессии. Проверка эффективности разработанных устройств ведется с участием учителей, медиков, специалистов институтов страны.

Разные по сложности и функциональному назначению приборы и устройства, разработанные в клубе "Электрон", сегодня можно увидеть в Тульском политехническом институте, где они используются для медико-биологических исследований состояния спортсменов, в автохозяйствах, городской дискотеке, Тульском государственном педагогическом институте имени Л.Н.Толстого, кабинетах физики общеобразовательных школ и ПТУ. Следует отметить, что все приборы и устройства, изготовленные в клубе, в том числе и те, описание которых помещено в этой книге, удовлетворяют условиям техники безопасности при работе с электроприборами.

Особой популярностью у детворы пользуется передвижная игротека, состоящая из нескольких десятков игровых автоматов, созданных в клубе. За двадцать лет своего существования она радовала участников многих массовых мероприятий, проводимых самим клубом "Электрон", Дворцом культуры, пионерской и комсомольской организациями города, а во время летних школьных каникул побывала почти во всех городских и загородных пионерских лагерях. Игротека, которая непрерывно обновляется новыми разработками, — гордость клуба.

Заканчивая это вступление о тульском клубе юных радиолюбителей-конструкторов "Электрон", редакционная коллегия Массовой радиобиблиотеки желает всем его членам удачи в их полезном увлечении, а читателям — успешного повторения опыта и конструкций, о которых в этой книге рассказывают наставники клуба Л.Д.Пономарев и А.Н.Евсеев.

Член редакционной коллегии Массовой радиобиблиотеки В. Г. Борисов

Интегральные микросхемы и работа с ними

Во многих конструкциях, описанных в этой книге, используются интегральные микросхемы. Читатели наверняка знают о них не только понаслышке, но и собирали на них устройства, поэтому здесь мы лишь кратко напомним основные сведения об этих сравнительно "молодых" радиоэлементах.

Интегральной микросхемой называют миниатюрное электронное устройство, выполняющее определенные функции преобразования и обработки сигналов и содержащее большое число активных и пассивных элементов (от нескольких сотен до нескольких десятков тысяч) в сравнительно небольшом корпусе.

Все микросхемы подразделяют на две группы — аналоговые и цифровые. Аналоговые микросхемы предназначены для работы с непрерывными во времени сигналами. К их числу можно отнести усилители высокой, низкой (или звуковой), промежуточной частоты, операционные усилители, стабилизаторы напряжения и др. Для аналоговых МС характерно то, что входная и выходная электрические величины могут иметь любое значение в заданном диапазоне. В цифровых же микросхемах входные и выходные сигналы могут быть одного из двух уровней напряжения: высокого или низкого. В первом случае говорят, что мы имеем дело с высоким логическим уровнем, или логической 1, а во втором — с низким логическим уровнем, или логическим 0. Для микросхем серий К133 и К155, широко используемых радиолюбителями, технические условия оговаривают для высокого логического уровня напряжение не менее 2,4 В, а для низкого логического уровня — не более 0,4 В. В действительности эти значения составляют обычно 3,2...3,5 и 0,1...0,2В. Для микросхем серии К 176 значения напряжений, соответствующих высокому и низкому логическим уровням, составляют соответственно 8,6 . . . 8,8 и 0,02 . . . 0,05 В. Как видите, высокий и низкий логические уровни достаточно сильно отличаются напряжениями, что упрощает совместную работу микросхем с транзисторами, тиристорами и другими приборами.

Почему же уровни напряжений называют логическими?

Дело в том, что цифровые микросхемы предназначены для выполнения определенных логических действий над входными сигналами. Если, например, на выходе цифровой микросхемы должно появиться напряжение высокого уровня в том случае, если напряжение высокого уровня присутствует хотя бы на одном из выходов, то говорят, что данная микросхема выполняет логическую операцию ИЛИ (логическое сложение). Если же логический сигнал на выходе микросхемы должен быть равен произведению логических сигналов на входах микросхемы, то говорят об операции логического умножения. Существует множество других правил обработки сигналов в цифровых микросхемах. Есть даже специальная область математики, которая исследует эти законы, — булева алгебра (по имени английского математика Дж. Буля) Вот почему цифровые микросхемы называют еще и логическими.

В основу работы цифровых микросхем положена двоичная система счисления. В отличие от всем нам знакомой десятичной системы, имеющей десять цифр, двоичная система опирается лишь на две цифры: 0 и 1. Почему только две, нетрудно догадаться: 0 соответствует отсутствию напряжения на выходе логического устройства (низкий уровень), 1 — наличию напряжения (высокий уровень). При помощи нулей и

Таблица 1

Десятичное число	IV разряд (2^3)	III разряд (2^2)	II разряд (2^1)	I разряд (2^0)
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

x	y	z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

б)

Рис. 1. Логический элемент И:
а — условное обозначение;
б — таблица истинности

единиц двоичной системы можно записать (закодировать) любое десятичное число. Так, для записи одноразрядного десятичного числа требуется четыре двоичных разряда. Почему именно четыре, можно видеть из табл.1.

В первом столбце таблицы (ее называют таблицей истинности) записаны десятичные числа от 0 до 9, а в последующих четырех столбцах — разряды двоичного числа. Видно, что число в последующей строке получается в результате прибавления логической 1 к первому разряду двоичного числа. С помощью четырех разрядов можно записать числа от 0000 до 1111, что соответствует диапазону чисел от 0 до 15 в десятичной системе. Таким образом, если двоичное число содержит N разрядов, то с помощью него можно записать максимальное десятичное число, равное $2^N - 1$. По таблице также несложно заметить, как можно перевести число из двоичной системы в десятичную. Для этого достаточно сложить степени числа 2, соответствующие тем разрядам, в которых записаны логические 1. Так, например, двоичное число 1001 соответствует десятичному числу 9 ($2^3 + 2^0$).

Двоичная система счисления используется в большинстве современных цифровых машин.

А теперь о свойствах и работе некоторых простейших логических элементов, широко используемых радиолюбителями в конструируемых устройствах и приборах.

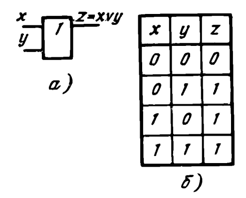
Логический элемент И (рис.1, *а*) имеет два входа и один выход. В верхней части прямоугольника стоит знак & (амперсент), который обозначает операцию объединения, перемножения. Это значит, что напряжение высокого уровня на выходе присутствует в том, и только в том случае, если на обоих входах также напряжения высокого уровня. Это поясняется таблицей истинности, приведенной на рис.1, *б*.

Логический элемент ИЛИ (рис.2, *а*) имеет два входа и один выход. Если хотя бы на одном из входов есть напряжение высокого уровня, такое же напряжение будет и на выходе (рис. 2, *б*).

Логический элемент НЕ (рис.3, *а*) имеет один вход и один выход. Если на вход подать напряжение высокого уровня, то на выходе установится напряжение низкого уровня, и наоборот, т. е. говорят, что входной сигнал инвертируется элементом (рис. 3, *б*).

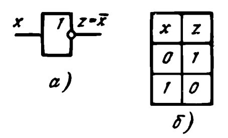
Эти три разновидности логических элементов позволяют реализовать любую сколь угодно сложную логическую функцию. Однако с целью облегчения работы конструктора существует множество других логических элементов (3И-НЕ, 4ИЛИ-НЕ, 2-2-2-3И-2ИЛИ-НЕ и др.), реализованных в отдельных корпусах микросхем.

Одним из наиболее широко применяемых радиолюбителями в своих конструкциях является логический элемент 2И-НЕ (рис.4, *а*). Он предназначен для выполнения



x	y	z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Рис. 2. Логический элемент ИЛИ:
а — условное обозначение (знак V обозначает операцию ИЛИ); *б* — таблица истинности



x	z
0	1
1	0

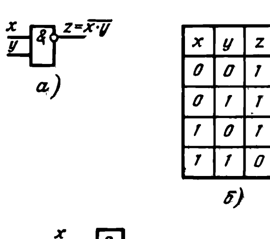
Рис. 3. Логический элемент НЕ:
а — условное обозначение (символ $\bar{x}$ обозначает отрицание X); *б* — таблица истинности

логического умножения с отрицанием (рис.4, *б*). Если подавать входной сигнал на соединенные вместе входы, то он будет работать как инвертор (рис.4, *в*). С помощью двух логических элементов 2И-НЕ можно производить операцию логического умножения (рис.4, *г*), а с помощью трех логических элементов — операцию логического сложения (операцию 2ИЛИ, рис.4, *д*). Видно, что с помощью элемента 2И-НЕ можно реализовать любую логическую операцию.

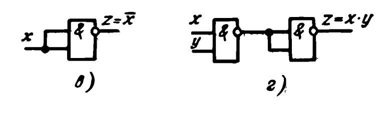
Радиолюбители чаще всего используют в своих конструкциях микросхемы серии К155. В настоящее время эта серия насчитывает более 100 наименований. В дальнейшем мы будем часто применять микросхемы этой серии в различных устройствах.

Микросхемы серии К155 питаются от источника постоянного напряжения 5 В ± ±5 %, потребляя ток (на один корпус), в зависимости от назначения, от 1,0 до 100 мА. Как было отмечено выше, напряжение высокого уровня фактически составляет около 3,5 В, а низкого — около 0,1 В. Для того чтобы подать на вход логического элемента напряжение низкого уровня, достаточно этот вход соединить с общим проводом питания. Для подачи напряжения высокого уровня достаточно оставить этот вход свободным, однако, чтобы уменьшить влияние помех, желательно этот вход подключить к +5В через резистор сопротивлением 1...1,5кОм. К одному резистору можно подключать до 10 входов микросхемы. Напряжение на входах логических элементов можно измерять обычным ампервольтомметром на пределе измерения постоянного напряжения, но лучше использовать специальный пробник.

Простейший пробник состоит из светодиода и резистора (рис. 5). Если при подключении к выходу логического элемента светодиод светится, то на этом выходе



x	y	z
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



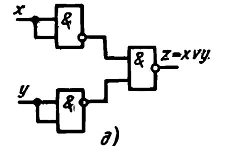
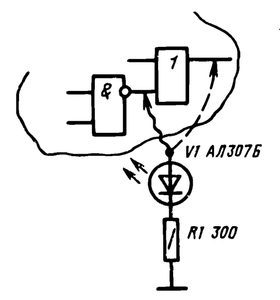


Рис. 4. Логический элемент 2И-НЕ:
а — условное обозначение; *б* — таблица истинности; *в* — использование в качестве инвертора; *г* — использование для выполнения операции 2И; *д* — использование для выполнения операции 2ИЛИ



← Рис. 5. Простейший логический пробник

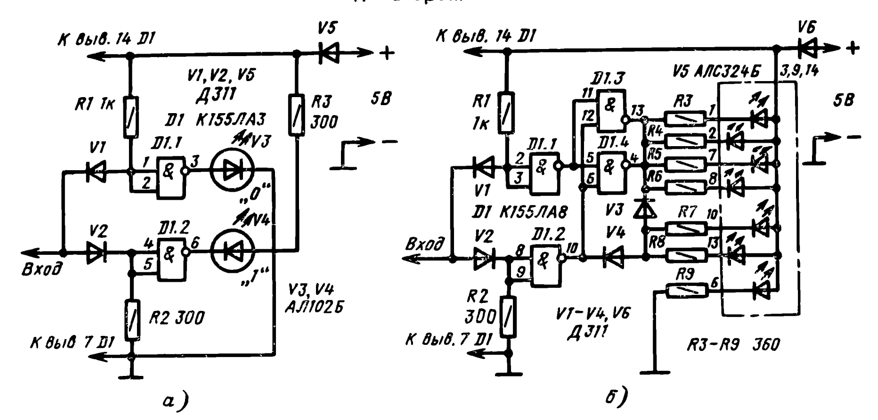


Рис. 6. Логические пробники:
а — с индикатором из двух светодиодов; *б* — с цифровым индикатором

напряжение высокого уровня, если же световод не светится, то на входе пробника напряжение низкого уровня.

На рис. 6,*а* представлена схема логического пробника, который индицирует уровни логических 0 и 1 зажиганием одного из двух светодиодов.

При отсутствии входного сигнала на выходе логического элемента D1.1 действует напряжение низкого уровня, а на выходе логического элемента D1.2 — высокого уровня. Светодиоды V3 и V4 не светятся. При подаче на вход напряжения низкого уровня (от 0 до 0,4В) состояние логического элемента D1.2 не изменяется, а на выходе D1.1 появляется напряжение высокого уровня (поскольку на входы D1.1 через открытый диод V1 подано напряжение низкого уровня). Зажигается светодиод V3, индицируя уровень логического 0. А если на вход подано напряжение высокого уровня? Тогда через открывшийся диод V2 это напряжение подается на входы логического элемента D1.2, на выходе D1.2 появляется напряжение низкого уровня и загорается светодиод V4, показывая уровень логической 1. Состояние же элемента D1.1 при этом не изменится, светодиод V3 гореть не будет.

На рис.6, *б* представлена схема еще одного логического пробника, аналогичного по принципу работы предыдущему. Отличие состоит в том, что инфирмация о логических уровнях напряжения выводится на светодиодный семисегментный цифровой индикатор. Для управления сегментами в пробник добавлены логические элементы D1.3, D1.4 и диоды V3, V4. Сегменты, имеющие выводы 10, 13, индицируют логическую 1, а все шесть сегментов — логический 0. Сегмент, имеющий вывод 6, — знак запятой (индикация включения пробника). Логические элементы D1.3 и D1.4 включены параллельно для получения суммарного выходного тока, обеспечивающего нормальную работу одновременно шести сегментов.

Для предотвращения подачи на пробники напряжения обратной полярности в их "плюсовые" шины включены диоды (V5 на рис.6, *а* и V6 на рис.6, *б*).

Микросхему К155ЛА3 можно заменить на К133ЛА3, К158ЛА3, К155ЛА1, К155ЛА4. Вместо К155ЛА8 можно применить К133ЛА8, К155ЛА3, но в последнем случае номиналы резисторов R3 — R8 необходимо увеличить до 820 Ом. Светодиодный индикатор АЛС324Б можно заменить на АЛ113, АЛС312 с любым буквенным индексом, а также на АЛ305А, АЛС321Б, АЛС337Б, АЛС338Б, АЛС324Б. Диоды могут быть любыми из серий Д7, Д9, Д311.

Пробник со светодиодным индикатором собран в корпусе от вышедшей из строя электрозажигалки или любом другом.

Такие пробники пригодны для работы с микросхемами, рассчитанными на питание от источника напряжением 5 В (серии К155, К133, К134). Для работ с микросхемами, изготовленными по МОП-технологии, пробник может быть собран по аналогичной схеме на микросхемах МОП-структуры, только для управления сегментами цифрового индикатора придется применить транзисторные ключи.

А теперь — задание: проверить работу логических элементов, входящих в микросхемы К155ЛА3, К155ЛН1, К155ЛИ1.

Во многих конструкциях, о которых рассказано в книге, используются триггеры. Что это такое? Триггером называют электронное устройство с двумя устойчивыми состояниями, причем переход из одного состояния в другое происходит под действием внешнего сигнала. При отсутствии сигнала триггер может находиться в одном из двух состояний неограниченно долго (т. е. обладает "памятью"). Потому триггеры широко используются в электронно-вычислительных машинах для хранения информации. В зависимости от выполняемых функций и назначения триггеры классифицируют по типам. Мы рассмотрим только два типа: RS- и D-триггеры.

Условное обозначение RS-триггера представлено на рис.7, *а*. Триггер имеет два входа и два выхода. Выходы обозначены буквами Q и $\bar{Q}$. Выход Q называют прямым, выход $\bar{Q}$ — инверсным. Логические уровни на этих двух выходах противоположны. Это сделано для удобства соединения триггеров с другими логическими элементами устройства. Некоторые типы триггеров инверсного выхода не имеют. Вход S предназначен для установки триггера в единичное состояние (напряжение высокого уровня на выходе Q); вход R — вход установки в нулевое состояние (напряжение низкого уровня на выходе Q). Поскольку среди микросхем серии К155 RS-триггер отсутствует, его собирают из двух логических элементов 2И-НЕ, входящих в состав микросхемы К155ЛА3 (рис.7, *б*). Установка триггера в нужное состояние осуществляется подачей напряжения низкого уровня на один из входов (на другом входе в это время должно быть напряжение высокого уровня). Подача на оба входа напряжения низкого уровня недопустима.

На рис. 7, *в* представлено условное обозначение D-триггера (нумерация выводов приведена для микросхемы К155ТМ2, содержащей два таких триггера). По сравне-

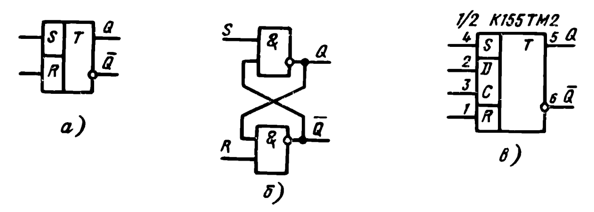


Рис. 7. Триггеры:
а — условное обозначение RS-триггера; *б* — RS-триггер на двух логических элементах 2И-НЕ; *в* — условное обозначение D-триггера

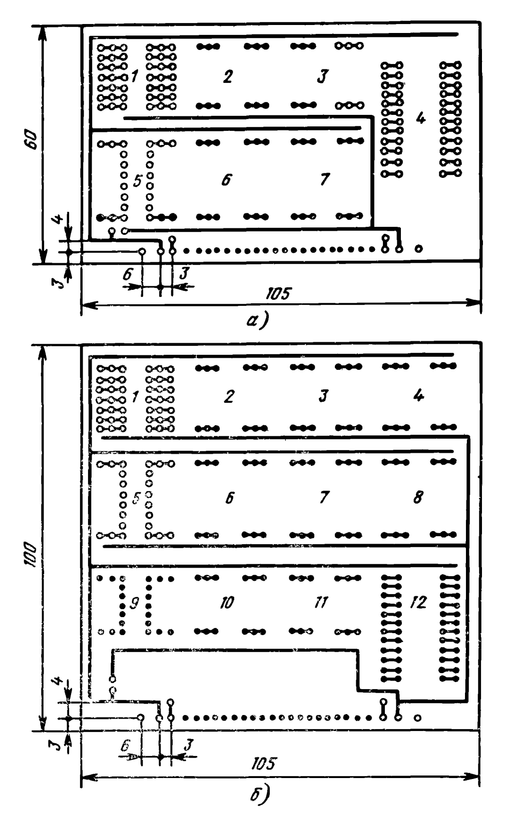


Рис. 8. Универсальные печатные платы для монтажа логических интегральных микросхем:
а — плата № 1 (можно установить 7 корпусов); *б* — плата № 2 (можно установить 12 корпусов)

нию с RS-триггером здесь "появились" два новых вывода — D и C. Вход D называют информационным, а вход C — входом синхронизации. После подачи импульса на вход C на прямом выходе Q триггера установится тот логический уровень, который был до прихода синхроимпульса на входе D. Входы R и S выполняют те же функции, что и в рассмотренном выше RS-триггере.

Триггеры используют для создания более сложных логических устройств — счетчиков, регистров и др. О назначении и работе некоторых из них, а также о других устройствах цифровой техники будет рассказано ниже применительно к конкретным приборам.

Несколько советов по монтажу интегральных микросхем.

1. Во время пайки нельзя перегревать корпус микросхемы. Поэтому необходимо использовать припой с температурой плавления не более 260° С, мощность паяльника не должна превышать 40 Вт, длительность пайки одного вывода не более 5 с, а промежуток времени между пайками выводов одной микросхемы не менее полминуты. Если ведется монтаж нескольких микросхем, то сначала паяют первый вывод первой микросхемы, затем первый вывод второй и т. д., далее второй вывод первой микросхемы, второй вывод второй и т. д. Благодаря такому приему микросхемы успевают остывать в промежуток между пайками.

2. Монтаж микросхем может быть выполнен навесным методом, печатным или комбинированным способом.

При пайке навесным методом удобно использовать многожильный провод в тугоплавкой изоляции типа МГТФ 0,07 . . . 0,12 мм^2 или одножильный луженый провод диаметром 0,25 . . . 0,35 мм также в тугоплавкой изоляции. Сначала на вывод микросхемы наматывают 1 . . . 1,5 витка провода, а затем уже пропаивают соединение. Этот способ хорош тем, что позволяет неоднократно производить перепайки проводов, а такая необходимость в процессе разработки устройства (макетирования) возникает часто.

Печатный монтаж микросхем следует применять тогда, когда есть уверенность, что устройство работоспособно, а также при изготовлении нескольких одинаковых устройств на одинаковых платах. Печатные платы могут иметь одно- и двустороннее расположение печатных проводников.

При комбинированном способе монтажа микросхемы припаивают к контактным площадкам, а в другие отверстия контактных площадок впаивают проволочные проводники. На рис. 8 показаны чертежи двух печатных плат для комбинированного монтажа микросхем (платы № 1 и № 2, в дальнейшем мы будем на них ссылаться). На платах можно установить микросхемы с 14, 16 и 24 выводами.

Утолщенными линиями обозначены шины для подачи питания на микросхемы. На платах имеются также отверстия для установки вилки разъема МРН-22 с целью подключения элементов платы к внешним устройствам. Каждый вывод микросхемы, как видно из рисунка, впаивают в отверстие контактной площадки. В два других отверстия впаивают выводы радиоэлементов или проводники, соединяющие между собой микросхемы.

Целесообразно изготовить 3 — 4 таких печатных платы и вести на них монтаж различных конструкций.

3. Неиспользуемые выводы микросхем следует объединять в группы по 10 шт. и подключать к шине +5 В через резистор 1кОм.

4. Для улучшения помехозащищенности следует устанавливать между шинами питания конденсаторы типов КМ-6, К10-7, К10-17 емкостью 0,01 . . . 0,047 мк из расчета один конденсатор на два-три корпуса микросхем. На плату также целесообразно установить электролитический конденсатор 50 мкФ X 6 В; для этого предназначены два отверстия около разъема. Особое внимание следует уделять обеспечению помехоустойчивости устройств, собранных на триггерах и счетчиках.

5. Соединительные провода должны иметь длину не более 20 . . . 30 см. Если же требуется передача сигнала на большее расстояние, то используют так называемые витые пары. Два провода скручивают вместе, по одному из них подается сигнал, а второй заземляют (соединяют с общим проводом) с обоих концов. Целесообразно также оба конца сигнального провода подключить через резисторы 1кОм к шине питания +5 В. Длина проводов витой пары может составлять 1,5 . . . 2 м.

Теперь после такого краткого вступления можно приступить к изготовлению устройств на микросхемах.

ИГРОВЫЕ АВТОМАТЫ

Электронный кубик

Всем знакомы игры, в которых перед началом хода требуется бросать небольшой пластмассовый кубик, на шести гранях которого нанесено от одной до шести точек (очков). Бросая по очереди кубик, играющие суммируют очки: кто больше набрал, тот и выиграл.

Предлагаем вам изготовить электронное устройство, заменяющее такой кубик. На передней панели его — шесть светодиодов, кнопка и тумблер включения. Стоит нажать кнопку — и количество светящихся светодиодов покажет число набранных в очередном туре очков.

Принципиальная схема электронного кубика представлена на рис. 9, *а*. На трех логических элементах 2И-НЕ микросхемы D1 собран генератор, а на шести D-триггерах (микросхемы D2 — D4) — кольцевой счетчик.

Как работает генератор? Он представляет собой трехкаскадный усилитель, охваченный положительной обратной связью через конденсатор C1 и отрицательной — через резистор R1. При наличии таких связей в усилителе возникают автоколебания, частота которых определяется произведением R1C1. При этом контакты кнопки S1 должны быть разомкнуты. Запомните эту схему — в дальнейшем мы будем ее использовать во многих устройствах.

Теперь посмотрим, как работает счетчик. Как видно из схемы, все синхронизиру-

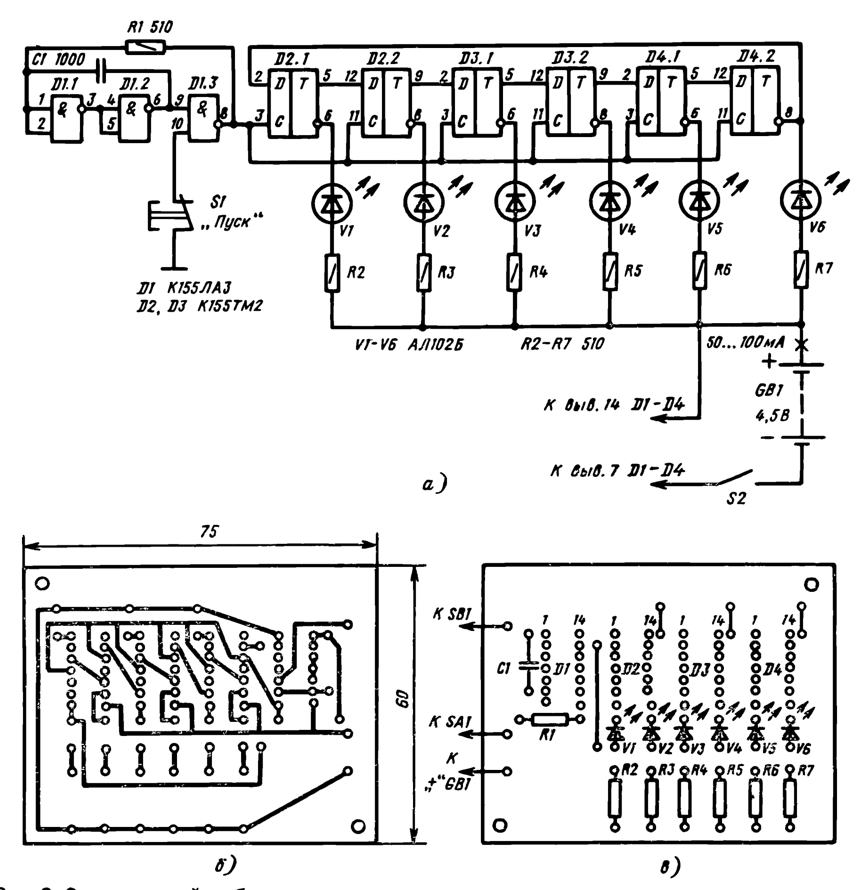


Рис. 9. Электронный кубик:
а — принципиальная схема; *б* — расположение печатных проводников; *в* — расположение деталей на плате

ющие входы D-триггеров соединены между собой, а вход D последующего триггера соединен с прямым выходом предыдущего D-триггера. Вход же D первого триггера (D2.1) соединен с инверсным выходом последнего триггера (D4.2). Работу цепочки триггеров (ее еще называют кольцевым триггерным счетчиком) удобно проанализировать по приведенной ниже таблице истинности (табл. 2). Q1 — Q6 — это прямые выходы триггеров. Допустим, в исходный момент все триггеры находятся в нулевом состоянии. Тогда на входе D первого триггера — напряжение высокого уровня, поступающее с инверсного выхода шестого триггера. После поступления первого импульса триггер D2.1 переключается в единичное состояние, и с его прямого выхода напряжение высокого уровня поступает на вход D-триггера D2.2. Поэтому после поступления импульса № 2 второй триггер переключается в единичное состояние. По мере поступления на входы С шести импульсов все триггеры переключаются в единичное состояние. При этом светятся все светодиоды, подключенные к инверсным выходам триггеров. На вход D первого триггера теперь подано напряжение низкого уровня, и при подаче последующих шести импульсов триггеры последовательно переключаются в

Таблица 2

Номер импульса	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0
2	1	1	0	0	0	0
3	1	1	1	0	0	0
4	1	1	1	1	0	0
5	1	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1
8	0	0	1	1	1	1
9	0	0	0	1	1	1
10	0	0	0	0	1	1
11	0	0	0	0	0	1
12	0	0	0	0	0	0

нулевое состояние. Из таблицы видно, что период работы кольцевого счетчика равен 12 тактам.

При нажатии кнопки S1 "Пуск" импульсы частотой 1 . . . 2 МГц с генератора поступают на вход кольцевого счетчика. Последний за время удержания кнопки (1 . . . 2 с) многократно переполняется, поэтому после отпускания кнопки состояния триггеров D2.1 — D4.2, отображаемые горящими светодиодами V1 — V6, практически случайны. Сколько светодиодов зажглось — столько очков и записывают в актив игроку.

Питаются микросхемы от батареи GB1, потребляя ток 50 . . . 100 мА.

Все элементы устройства, кроме S1, S2 и GB1, расположены на печатной плате (рис. 9, *б, в*). Выключатель питания S2 (он может быть типов П2Т, МТ1, П2К) и кнопка S1 (она может быть типов КМ1, МП1 или любого другого типа) расположены на верхней крышке. Здесь же просверлены отверстия для светодиодов V1 — V6. Плата с деталями крепится с помощью винтов с ограничивающими втулками. Батарея GB1 может быть типа 3336 "Рубин". Светодиоды V1 — V6 могут быть типов АЛ102, АЛ307, АЛ310 с любыми буквенными индексами. Конденсатор С1 — типов КЛС, КМ-5, К10-7в, К10-23. Резисторы — типа МЛТ-0,25.

Электронный кубик в налаживании не нуждается.

Можно ли "увидеть", как переключаются триггеры при поступлении импульсов генератора? Для этого параллельно конденсатору С1 необходимо подключить электролитический конденсатор емкостью 200 . . . 500 мкФ на напряжение 6 . . . 10 В отрицательной обкладкой к выводам 1, 2 логического элемента D1.1. При этом частота генератора уменьшится до 0,5 . . . 2 Гц, и по зажиганию соответствующих светодиодов можно будет проследить последовательность переключения триггеров. Разумеется, при этом кнопка S1 должна быть все время нажата.

Попробуй обыграть автомат!

Игра в камешки известна, наверное, всем. Суть ее в том, что двое играющих поочередно берут не более трех камешков, проигрывает же тот, кто возьмет последний камешек. Такая игра может быть электронной, тогда партнером человека станет

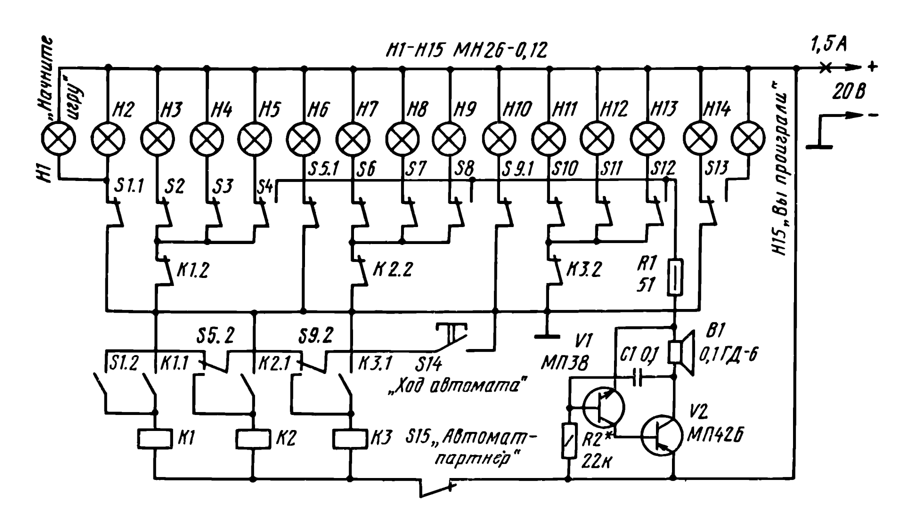


Рис. 10. Схема игрового автомата

автомат. Несложно сделать так, что автомат будет все время выигрывать. На новичков, для которых исход игры не очевиден, это производит большое впечатление, поэтому игра пользуется неизменным интересом у ребят всех возрастов.

Работа игры-автомата заключается в следующем. Двое играющих (одним из которых может быть автомат) поочередно отключают одну, две или три лампы накаливания за один ход, но обязательно последовательно слева направо. Не разрешается пропускать очередной ход. Выигрывает тот, кто заставит противника выключить последнюю лампу.

Нетрудно догадаться, что исход игры можно предопределить заранее: если мой противник пойдет первым, а я каждый ход буду дополнять число включенных им ламп до четырех, то обязательно выиграю. Если этому алгоритму "научить" автомат, то он будет все время победителем.

Схема автомата, реализующего эти принципы, приведена на рис. 10. При включении питания загораются лампы H1—H14 (лампа H1 подсвечивает на табло надпись "Начните игру"). Человек начинает ходить первым. Допустим, он решил выключить две лампы (H2 и H3), для чего разомкнул контакты тумблеров S1, S2. При этом гаснет надпись "Начните игру", а контакты S1.2 тумблера S1 подготовили к срабатыванию электромагнитное реле K1. После этого человек должен нажать кнопку S14 "Ход автомата". При этом срабатывает реле K1 и самоблокируется контактами K1.1, а контакты K1.2, размыкаясь, гасят лампы H4, H5 — автомат выключил две лампы. Затем снова ходит человек. Нетрудно заметить, что автомат всегда будет выключать число ламп, недостающее до четырех после хода человека. В итоге человек будет вынужден тумблером S13 выключить последнюю лампу H14. Одновременно он включит лампу H15, подсвечивающую надпись "Вы проиграли".

Если человек попытается выключить более трех ламп, то заработает генератор звуковой частоты, собранный на транзисторах V1, V2, и его сигнал возвестит о нарушении правил игры. Напряжение питания на транзисторы генератора будет подаваться через правый (по схеме) контакт одного из тумблеров S4, S8, S12 и резистор R1.

Если ручку тумблера S15 "Автомат-партнер" перевести в положение, противоположное показанному на схеме, то играть могут два человека, и здесь уже исход игры будет зависеть от их сообразительности. Этим же тумблером производят также обесточивание электромагнитных реле автомата.

Транзистор V1 генератора может быть любым из серий МП37, МП38, КТ312, КТ315, а транзистор V2 — МП39, МП40, ГТ402, ГТ403; конденсатор С1 — типов МБМ, КЛС, КМ-6а. Реле К1 — К3 — типа РЭС-9 (паспорт РС4.524.200). Динамическая головка В1 — любая, мощностью до 0,5 Вт со звуковой катушкой сопротивлением 4 . . . 10 Ом. Переключатели S1 — S13, S15 — тумблеры типов ТВ2-1, ТП1-2; кнопка S14 — типов КН-1, КП-1, П2К, КМ1-1.

Игровой автомат питается от источника, обеспечивающего на выходе постоянное напряжение 18 . . . 20 В при токе нагрузки не менее 1,5 А. Стабилизировать напряжение не обязательно, т. е. источник питания в простейшем случае может состоять из сетевого трансформатора, двухполупериодного выпрямителя, диоды которогс включены по мостовой схеме, и конденсатора фильтра емкостью 500 . . . 1000 мкФ на номинальное напряжение 25 В.

Разумеется, число ламп в автомате может быть и иным — при этом алгоритм игры не меняется. Вместо ламп накаливания можно применять цифровые индикаторы, при этом вместо тумблеров будет использоваться одна кнопка, нажатием на которую можно уменьшить число, высвечиваемое лампами. Но конструкция устройства тогда существенно изменится.

Попробуйте разработать такой игровой автомат.

Кто быстрее?

У кого реакция лучше? Это можно определить с помощью автомата, схема которого изображена на рис. 11. Играют четверо. Каждый держит в руках небольшую планку с кнопкой. У ведущего находится в руках выносной пульт управления, с которого подается сигнал старта. А пока такого сигнала нет, на лицевой панели автомата периодически вспыхивают две лампы. Но вот ведущий незаметно от играющих нажал кнопку на пульте управления. Сразу же вспыхивает лампа сигнала старта. Теперь все зависит от реакции играющих — кто быстрее нажмет "свою" кнопку, тот и выиграет этот старт

Рассмотрим работу игрового автомата. Кнопки S1 — S4 на планках играющих включены в цепи питания обмоток соответствующих им реле К1 — К4. Показанное на схеме положение кнопок играющих и кнопок на пульте управления является исходным. Если теперь автомат включить в электроосветительную сеть, начнут периодически вспыхивать лампы Н1 и Н2 отвлекающего сигнала — они подключены в сеть

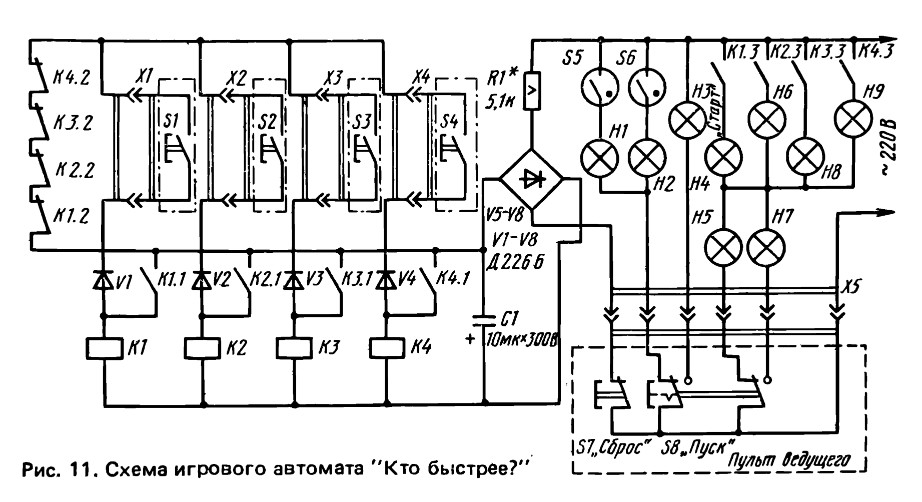


Рис. 11. Схема игрового автомата "Кто быстрее?"

через контакты S5 и S6 стартеров, используемых для ламп дневного света, и замкнутые контакты переключателя S8.

Но вот ведущий нажимает кнопку переключателя S8. Загорается лампа Н3, что служит для играющих сигналом старта. Допустим, что первым после этого успел нажать свою кнопку S2 играющий № 2. Тогда сработает реле К2, контактами К2.1 оно заблокируется, контактами К2.2 разомкнет цепь питания всех кнопок играющих, а контактами К2.3 включит сигнальную лампу Н6, фиксирующую первенство этого играющего. Одновременно загорится и лампа Н7, освещающая надпись "Выиграл". В случае преждевременного нажатия кнопки загорится лампа Н5, подсвечивающая надпись "Нарушены правила".

После определения лидера старта ведущий нажимает кнопку сброса S7 (реле К2 отпускает) и возвращает контакты кнопочного переключателя S8 в исходное положение.

Зачем нужны диоды V1 — V4? Если их не будет (т. е. вместо них в цепях будут прволочные перемычки), то после срабатывания одного из реле через замкнутые контакты кнопки победителя и играющего, нажавшего кнопку вторым, напряжение питания поступит на второе реле, и оно сработает. В таком случае загорятся одновременно две лампы, и лидера определить будет невозможно. Наличие диодов V1 — V4 исключает такой исход игры.

Все реле в автомате должны быть одинаковые. Подойдут реле РС-13, РС-52 и другие с обмотками сопротивлением не менее 6 кОм, двумя группами контактов на замыкание и одной на размыкание. Реле следует отрегулировать так, чтобы при срабатывании сначала замыкались блокирующие контакты (К1.1, К2.1, К3.1 и К4.1), а затем размыкались нормально замкнутые (К1.2, К2.2, К3.2 и К4.2). Если все же реле будут дребезжать, то параллельно их обмоткам необходимо подключить электролитические или бумажные конденсаторы емкостью 0,25 . . . 1 мкФ (их подбирают в процессе настройки, причем емкость должна быть возможно меньшей). Номинальное напряжение конденсаторов должно быть не менее 300 В.

Кнопки S1 — S4 — звонковые; стартеры S5, S6 — типа СК-220; кнопка S7, рассчитанная на напряжение не менее 220 В, — любой конструкции, переключатель S8 — П2К или двухсекционный тумблер. Конденсатор С1 — типов К50-12, К50-3, ЭГЦ. Резистор R1 можно составить из трех резисторов типа МЛТ-2 сопротивлением по 15 кОм, соединив их параллельно. Лампы Н1 — Н3 — на переменное напряжение 220 В мощностью 15 Вт, Н4 — Н9 — на напряжение 110 В мощностью 8 Вт. Гнезда разъемов Х1 — Х5 — типа СГ-5, причем шестым контактом разъема Х5 служит его корпус.

Если при налаживании автомата реле не срабатывают, то подбирают резистор R1.

Автомат "Кто быстрее?" можно также выполнить по схеме, приведенной на рис. 12. Отличается он от автомата первого варианта тем, что выполнен на более современных элементах — тринисторах.

При нажатии на кнопку S2 "Старт" загорается лампа Н3. Увидев ее сигнал, все играющие нажимают кнопки своих пультов (S3 — S6). Предположим, что первой оказалась нажатой кнопка S5. Тогда положительное напряжение выпрямителя на диодах V2 — V5 через замкнутые контакты кнопки S2, диод V1, резистор R1 и диод V14 будет подано на управляющий электрод тринистора V10, он откроется и загорится лампа Н6, определяющая лидера. Одновременно откроется диод V11, в результате чего напряжение на нижнем (по схеме) выводе резистора R1 уменьшится до 0,5...1 В, поэтому при нажатии кнопок остальных играющих (S3, S4, S6) соответствующие тринисторы останутся закрытыми. В том же случае, если кто-то из играющих нажмет свою кнопку еще до подачи полезного сигнала, одновременно с открыванием соответствующего тринистора и загоранием лампы этого играющего сработает и реле К1, которое контактами К1.1 включит звонок Н8 — сигнал нарушения правил игры. Диод

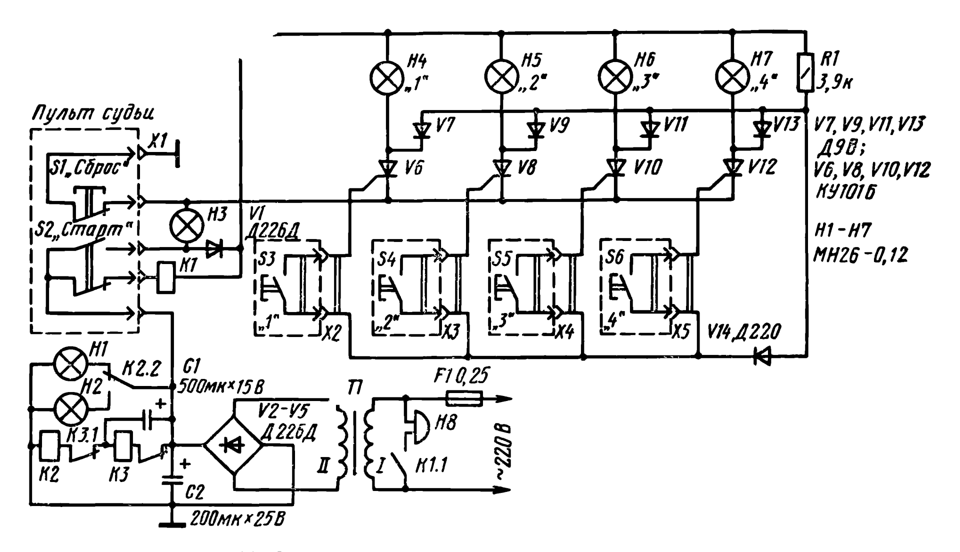


Рис. 12. Схема второго варианта автомата "Кто быстрее?"

V1 предотвратит в этом случае загорание лампы Н3. Кнопкой S1 "Сброс" устройство устанавливают в исходное состояние.

Лампы Н1 и Н2, мигая, выполняют функцию отвлекающих сигналов; они переключаются простейшим генератором, собранным на реле К2, К3 и конденсаторе С1.

Тринисторы, используемые в этом игровом автомате, могут быть серии КУ101 с любым буквенным индексом. Диоды V7, V9, V11, V13 — любые из серий Д9 (кроме Д9Б), Д311, V14 — типов Д220, Д223, Д226. Лампы Н1 — Н7 — типа МН26-0,12. Реле К1 — типа РЭС-10 (паспорт РС4.524.317), К2, К3 — типа РЭС-9 (паспорт РС4.524.202). Трансформатор Т1 — мощностью 5 . . . 10 Вт, понижающий напряжение сети до 16 . . . . . . 18 В при токе нагрузки не менее 300 мА. Подойдут, например, трансформаторы типов ТВК-110Л-1, ТВК-110Л-2. Кнопки — тех же типов, что и в конструкции первого варианта.

Устройство, собранное без ошибок, в налаживании не нуждается.

Игровой автомат "Кто быстрее?" можно собрать не только на электромагнитных реле и на тринисторах, но и на интегральных микросхемах.

Работает этот прибор аналогично описанным выше рефлексометрам на электромагнитных реле и тринисторах. Его принципиальная схема приведена на рис.13.

На логических элементах D2.1 и D2.2, D2.3 и D2.4, D4.1 и D4.2, D4.3 и D4.4 собраны RS-триггеры. После подачи питания необходимо нажать кнопку S6 "Сброс", расположенную на пульте ведущего. При этом все RS-триггеры установятся в нулевое состояние (на прямых выходах — напряжения низкого уровня). Лампы Н1 —Н4 не светятся. Работает генератор отвлекающих сигналов, собранный на логических элементах S6.1, S6.2, и транзисторе V5. (Аналогичный генератор будет встречаться и в других конструкциях. Транзистор V5 повышает входное сопротивление логического элемента D6.1, что позволяет использовать резистор R10 сопротивлением в несколько десятков килоом.) "Перемигиваются" лампы Н5 и Н7 с частотой около 2 Гц.

После перевода ведущим контактов переключателя S5 в противоположное указанному на схеме положение лампы отвлекающего сигнала отключаются и загорается лампа Н6 полезного сигнала "Старт". Играющие нажимают свои кнопки S1 — S4. Кто-то нажал кнопку первым. Допустим, что это сделал обладатель кнопки S1. При этом

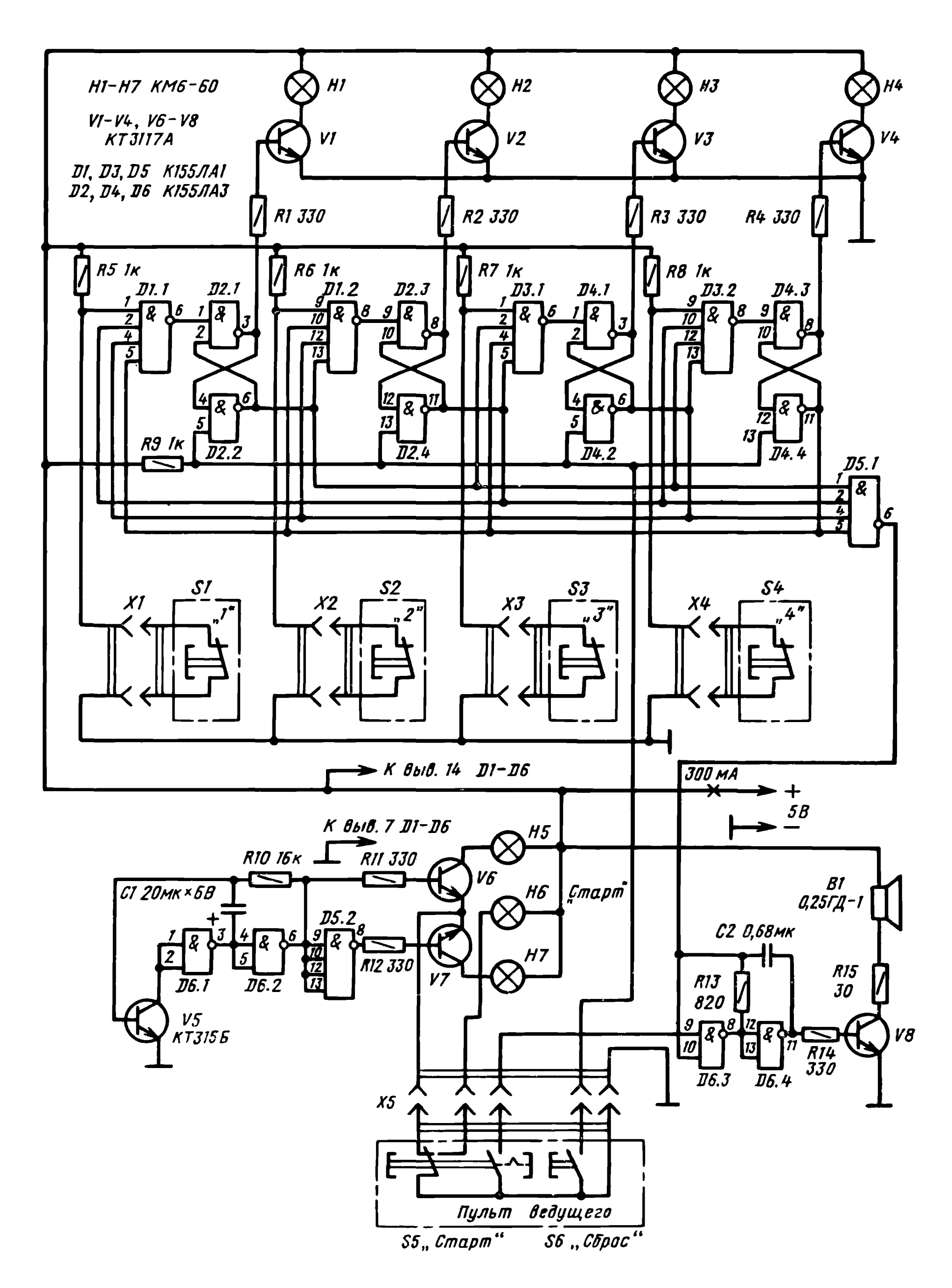


Рис. 13. Схема третьего варианта автомата "Кто быстрее?"

на выходе логического элемента D1.1 появится напряжение низкого уровня и триггер D2.1D2.2 переключится в противоположное состояние, при котором на выходе D2.1 — напряжение высокого уровня. Напряжение низкого уровня инверсного выхода триггера будет подано на входы логических элементов D1.2, D3.1 и D3.2 (выводы 13, 2 и 12 соответственно), поэтому остальные RS-триггеры не изменят своего состояния (как вы помните, в рефлексометре на реле аналогичная блокировка осуществлялась последовательно соединенными нормально замкнутыми контактами реле). Одновременно зажжется лампа H1, фиксирующая лидера.

А если кнопка S1 нажата преждевременно, т. е. до включения лампы H6 "Старт"? В этом случае устройство будет работать точно так же, как и ранее, с той лишь разницей, что теперь зазвучит сигнал фальстарта (генератор собран на логических элементах D6.3, D6.4 и транзисторе V8) — работа генератора будет разрешена напряжением высокого уровня, поданного с выхода D5.1 на вход D6.3. В случае своевременного старта генератор работать не будет, поскольку на выводе 9 логического элемента D6.3 будет напряжение низкого уровня, поданное через замкнутые контакты переключателя S5.

В рефлексометре можно применить помимо указанных микросхемы серий K133, K134, K158. Транзисторы KT3117A можно заменить на KT603, KT608, KT801, KT815 с любыми буквами, KT315Б — любым из серий KT201, KT306, KT312, KT315, KT316. Конденсатор C1 — типа K50-6 или K50-3, C2 — KM-6 или K10-17. Кнопки и переключатель тех же типов, что и в предыдущих конструкциях.

Для питания рефлексометра требуется источник, обеспечивающий постоянное напряжение 5 В при токе не менее 300 мА. Он может быть собран, например, по схеме блока питания логического прибора "Версия" (см. рис.15).

В игровой автомат "Кто быстрее?" можно внести некоторые усовершенствования. Например, вместо ламп накаливания, определяющих лидера, можно применить цифровые индикаторы. Возможности такого рефлексометра значительно расширятся, если каждому из четырех играющих будет соответствовать свой цифровой индикатор и высвечиваемая им цифра позволит определить, каким по счету он среагировал на полезный сигнал. Можно ввести в рефлексометр и секундомер — это позволит фиксировать не только относительную, но и абсолютную реакцию.

Логический прибор "Версия"

На передней панели такого прибора-автомата находятся шесть кнопок и несколько табло. Нажимая эти кнопки в определенной последовательности, требуется зажечь световое табло "Конец". Добиться этого можно последовательным нажатием только трех определенных кнопок, нажатие любой из трех других возвращает устройство в исходное состояние и сводит на нет все предыдущие ходы. Причем сделать это надо в ограниченное время, иначе придется начинать делать ходы заново.

Принципиальная схема такого устройства приведена на рис.14. При подключении источника питания загорается лампа H1, подсвечивающая табло "Начинайте игру". После этого играющий начинает нажимать кнопки S1—S6 в той последовательности, которую он считает правильной. Допустим, первой нажата кнопка S1. При этом срабатывает реле K1 и контактами K1.2 самоблокируется. Начинается зарядка конденсатора C1, работающего в реле выдержки времени, а контакты K1.1 подготавливают к срабатыванию цепь реле K2 и отключают табло "Начинайте игру". Если следующей будет нажата кнопка S2, то сработает реле K2, а после нажатия кнопки S3 — реле K3, которое контактами K3.2 зажжет лампу H2 табло "Конец" — игра окончена. Но реле K3 сработает только в том случае, если три кнопки будут нажаты именно в такой последовательности (S1—S2—S3). Если же будет нажата одна из кнопок S4—S6, то все сработавшие ранее реле (K1, K2 и K3) отпустят. А если играющий не ус-

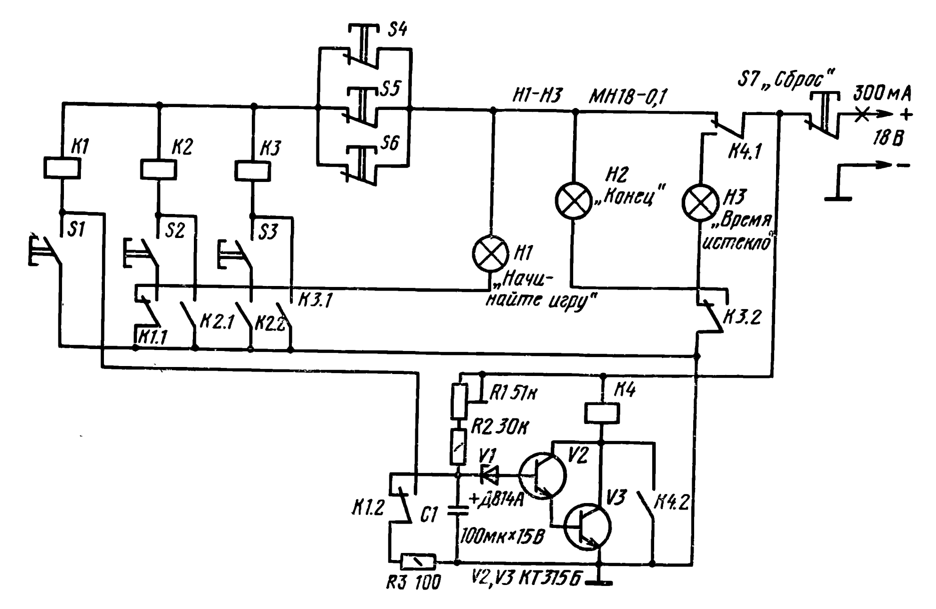


Рис. 14. Схема логического прибора "Версия"

пеет угадать необходимую последовательность нажатия кнопок в течение заданного времени? В таком случае сработает реле К4 выдержки времени и зажжется табло "Время истекло".

По окончании каждого цикла игры устройство возвращают в исходное состояние кратковременным нажатием кнопки S7 "Сброс". Выигрывает тот из играющих, кто угадает нужную последовательность нажатия кнопок за наименьшее число циклов.

Как работает реле выдержки времени? После срабатывания реле К1 его контакты К1.2 переключаются и начинается зарядка конденсатора С1 через резисторы R1 и R2. При определенном напряжении на положительной обкладке этого конденсатора стабилитрон V1 откроется, затем откроется составной транзистор V2V3 и сработает реле К4 — зажжется лампа Н3 табло "Время истекло". Резистор R3 ограничивает ток разрядки конденсатора С1.

Транзисторы V2 и V3 могут быть любыми из серий КТ312, КТ315, МП38. Реле К1—К4 — типа РЭС-9 (паспорт РС4.524.200). Кнопки S1—S7 — типов П2К, КМ1-1 и др. Источник питания устройства должен обеспечивать постоянное напряжение 18...20 В при токе не менее 300 мА. Кнопки S1—S6 не лицевой панели располагают в произвольном порядке.

Налаживание игры сводится к установке подстрочным резистором R1 выдержки времени, равной 5...10 с.

Несколько рекомендаций по расширению возможностей игрового автомата "Версия". Во-первых, можно предусмотреть изменение требуемой последовательности нажатия кнопок, применив галетный переключатель. Во-вторых, игру можно сделать в расчете на двоих играющих, которые будут делать ходы поочередно, — игра станет интереснее.

Схема варианта игрового автомата "Версия", выполненного на тринисторах и интегральных микросхемах, приведена на рис. 15. В руках играющего пульт с шестью кнопками (S1—S6), каждой из которых присвоен соответствующий порядковый

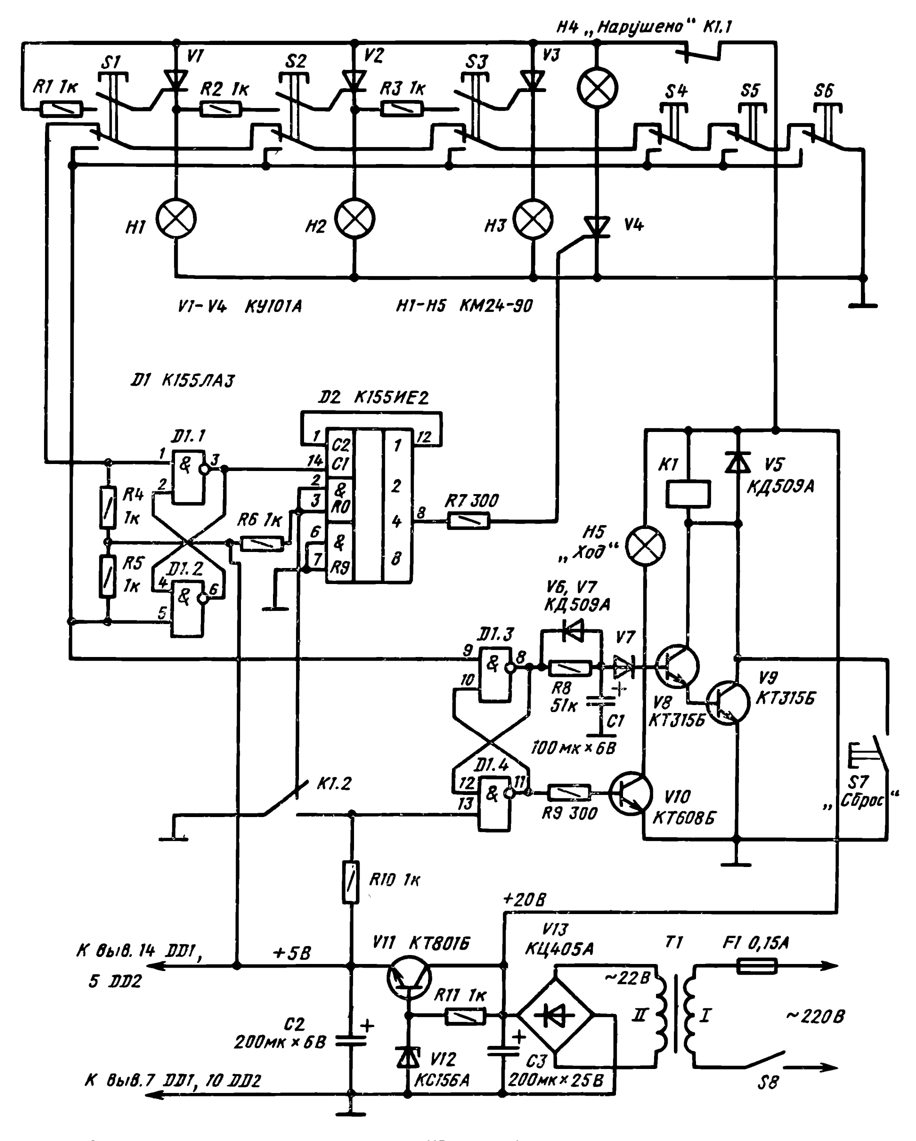


Рис. 15. Схема варианта прибора "Версия" на тринисторах и микросхемах

номер. По сигналу автомата "Ход" необходимо за 5 . . . 7 с последовательно нажать три кнопки, после этого цикл можно повторить. Задача играющего состоит в том, чтобы зажечь последовательно три лампы (H1—H3), расположенные на передней панели прибора, и тем самым угадать искомое число. Причем каждую последующую цифру числа можно определять только после того, как угадана предыдущая. Если, допустим, искомое число 132, а играющий последовательно нажмет кнопки 2, 3, 1, то ни одна из ламп не загорится, хотя вторая цифра определена правильно. В соответ-

ствии с этим определяют и стратегию поиска: сначала найти первую цифру числа, затем, начиная последующие ходы с нажатия уже найденной первой кнопки, определить вторую цифру, а затем — и третью.

Как работает это игровое устройство? После включения его в сеть выключателем S8 следует нажать кнопку S7 "Сброс". При этом кратковременно сработает реле K1 и контактами K1.2 установит в исходное состояние RS-триггер на логических элементах D1.3 и D1.4, а также счетчик D2. В отличие от RS-триггера, этот счетчик устанавливается в исходное состояние подачей напряжения высокого уровня на его входы & R0 (выводы 2, 3 микросхемы D2). В режиме счета на этих входах должно быть напряжение низкого уровня. Счетные импульсы подаются на вход C1, при этом на выходах 1, 2, 4, 8 появляются сигналы, соответствующие в двоичном коде числу импульсов, поданных на вход счетчика.

Итак, устройство в исходном состоянии, горит лампа H5 "Ход". Играющий может нажимать кнопки. Допустим, первой он нажал кнопку S1. При этом откроется тринистор V1 и загорится лампа H1. Если теперь нажать кнопку S2, то откроется тринистор V2, на управляющий электрод которого будет подано напряжение с горящей лампы H1 через резистор R2 и замкнутые контакты кнопки S2. Очевидно, что если лампа H1 не горит, то тринистор V2 не откроется.

С каждым нажатием кнопок S1—S6 на выходе RS-триггера D1.1D1.2 (вывод 3) будет формироваться импульс, и состояние счетчика 2 будет увеличиваться на единицу. После того как будет подано четыре импульса, появится напряжение высокого уровня на выходе 4 микросхемы D2, откроется тринистор V4 и загорится лампа H4 "Нарушено". Таким образом, по правилам игры можно нажимать не более трех кнопок.

В устройстве предусмотрено и ограничение времени совершения ходов. После первого же нажатия одной из кнопок переключится в противоположное состояние RS-триггер D1.3D1.4 — на выводе 8 появится напряжение высокого уровня и через резистор R8 начнется зарядка конденсатора C1. Как только напряжение на его обкладках достигнет 2 . . . 3 В, откроется составной транзистор V8V9 и сработает реле K1. Устройство примет исходное состояние.

Диод V6 необходим для быстрой разрядки конденсатора C1 после возврата устройства в исходное состояние.

Микросхемы устройства питаются от стабилизатора, выполненного на транзисторе V11, который включен эмиттерным повторителем. Питание ламп и реле K1 осуществляется выпрямленным напряжением, снимаемым с конденсатора C3.

В игровом автомате можно применить микросхемы серий K133, K155. Тринисторы — любые из серии КУ101. Транзисторы КТ315Б (V8—V9) и КТ608Б (V10) можно заменить любыми из серий КТ608, КТ815, а также на КТ603А, КТ603Б, КТ3117А. В качестве V11 можно применить транзисторы типов КТ807, КТ815, КТ817 с любыми буквами. Диодную сборку КЦ405А можно заменить на КЦ402 с любой буквой, а также использовать диоды типов Д226, КД510, Д310 с любыми буквами. Реле K1 — типа РЭС-9 (паспорт РС4.524.201). Кнопки S1—S7 — типов КМ2-1, П2К, выключатель питания S8 — тумблер любого типа (ТВ2-1, ТП1-2 и др.). Трансформатор T1 — типа ТВК-110Л-1 (использована обмотка II). Самодельный трансформатор может быть выполнен на магнитопроводе ШЛ16Х25. Обмотка I содержит 2400 витков провода ПЭВ-1 0,14, обмотка II—250 витков провода ПЭВ-1 0,27.

Конструкция прибора произвольная. На передней панели находятся кнопка S7, лампы H1—H5, выключатель питания S8. Кнопки S1—S6, как было уже отмечено выше, расположены в пульте, соединенном с прибором гибким кабелем. Транзистор V11 установлен на небольшом радиаторе (площадью 20 . . . 30 см²).

Подумайте, каким образом можно изменить число, хранящееся в "памяти" прибора. Для этого понадобится галетный переключатель.

Это устройство — не только игра. Его можно использовать и для тренировки логичности мышления, способности быстро принимать решения. Для этого его надо усовершенствовать, например ввести счетчик суммарного затраченного времени, счетчик числа ходов. Подумайте, как это сделать.

Хорошая ли у Вас память?

Хорошей кратковременной памятью должны обладать люди многих профессий. Этой прежде всего бухгалтеры, кассиры, преподаватели, актеры. В кабинете профориентации школы желательно иметь прибор для исследования кратковременной памяти учащихся. С помощью такого прибора можно определять процент продуктивности запоминания n, который вычисляют по формуле $n = (r_2/r_1) \times 100\%$, где r_1 — число предъявленных для обзора одиночных объектов; r_2 — число правильно воспроизведенных объектов.

Объектами могут быть предметы обихода, буквы, числа. В описываемом здесь приборе такими объектами являются цифры от 0 до 9.

Эксперимент заключается в следующем. Человеку, память которого хотят проверить (испытуемому), в течение некоторого времени показывают десять различных цифр, расположенных в определенном порядке по окружности. Испытуемый должен запомнить этот порядок расположения цифр и затем воспроизвести его. Число правильно воспроизведенных цифр и характеризует продуктивность памяти. Так, если из десяти цифр правильно воспроизведено семь, то продуктивность памяти составляет 70 %.

Работу прибора рассмотрим по схеме, изображенной на рис. 16. Чтобы начать эксперимент, необходимо нажать кнопку S12 "Пуск". При этом сработает электромагнитное реле К2 и самоблокируется контактами К2.1. Контактами К2.2 оно подаст напряжение электросети на датчик импульсов (начнет заряжаться конденсатор С1), а контакты К2.3 этого же реле замкнут цепь питания ламп Н11 — Н20. Эти лампы подсвечивают цифры 5, 7, . . . , 2, расположенные по окружности на лицевой панели прибора (цифры в последовательности не должны повторяться; они написаны на обратной стороне плотной бумаги и видны только при загорании ламп). Через некоторое время сработает реле К1 датчика импульсов. Контактами К1.1 оно передвинет щетки шагового искателя К3 на первую ламель, а также обесточит обмотку реле К2 и датчик импульсов. Лампы Н11 — Н20 погаснут, но загорится лампа Н1,

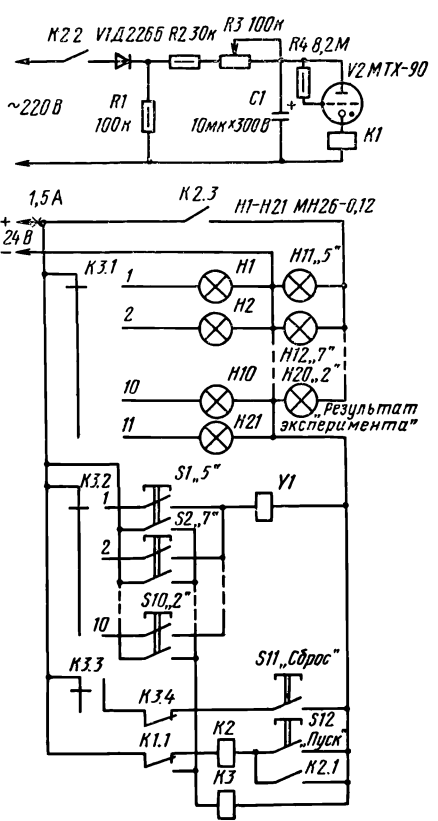


Рис. 16. Схема устройства "Хорошая ли у вас память?"

расположенная рядом с первой цифрой последовательности (цифрой 5). Испытуемый должен нажать одну из кнопок S1—S10, соответствующую первой цифре последовательности (эти кнопки расположены на передней стенке прибора в ряд и имеют порядковые номера: возле кнопки S2 написана цифра 7, возле кнопки S1 — 5 и т. д.; кнопки расположены по порядку номеров, т. е. S1 — пятая по счету, S2 — седьмая и т. д.). Если испытуемый правильно запомнил первую цифру последовательности, то он нажмет кнопку S1 с цифрой 5. При этом счетчик Y1 зафиксирует одно очко. Одновременно щетки шагового искателя К3 передвинутся на вторую ламель. Теперь лампа Н2 будет гореть рядом с тем местом, где располагалась вторая цифра последовательности (цифра 7). Если испытуемый нажмет кнопку S2, то в его актив будет записано еще одно очко. Если же будет нажата какая-либо другая кнопка, то щетки шагового искателя передвинутся еще на один шаг, но увеличения показаний счетчика не произойдет. Так будет продолжаться до тех пор, пока щетки шагового искателя не установятся на одиннадцатую ламель. При этом зажжется лампа Н21, подсвечивающая табло "Результат эксперимента". Число, записанное в счетчике, будет показателем числа правильно воспроизведенных цифр.

По окончании эксперимента необходимо произвести сброс шагового искателя нажатием кнопки S11 "Сброс". При этом щетки шагового искателя будут совершать вращательное движение за счет саморазмыканий контактов К3.4 искателя (эти контакты размыкаются при каждом шаге искателя) до тех пор, пока не разомкнутся контакты К3.3 (они образованы щеткой искателя и сплошной сбросовой ламелью). При этом шаговый искатель установится в нулевое положение — прибор готов к следующему эксперименту.

В устройстве использованы: конденсатор С1 — типов К50-3, К50-6 или К50-12; электромагнитные реле К1—К2 — типа РЭС-22 (паспорт РФ4.500.131); шаговый искатель К3 — типа ШИ-25/4 с номинальным сопротивлением обмотки 25 Ом и номинальным рабочим напряжением 24 В (например, паспорт РС3.250.048); кнопки S1—S12 — типов КМ1-1, КП-1, К3; электромеханический счетчик Y1 типа СИ206 или СИ100.

Конструкция прибора произвольная. На его переднюю панель помимо кнопок и ламп выведена ручка переменного резистора R3, с помощью которого устанавливают время горения (следовательно, запоминания) цифровой последовательности.

Какие усовершенствования можно ввести в прибор? Во-первых, вместо ламп накаливания Н11—Н20 можно применить цифровые индикаторы (ИН-12, ИН-14 и др.), что позволит сравнительно просто изменять порядок цифр, предлагаемый для запоминания (можно составить несколько программ и менять их с помощью галетного переключателя). Во-вторых, программы можно выбирать автоматически — с помощью второго шагового искателя, а общий подсчет процента продуктивности памяти производить после прохождения испытуемым всего цикла из нескольких программ. При этом с каждым разом можно сокращать время восприятия запоминаемых цифр. В-третьих, можно ограничивать время, в течение которого испытуемый должен нажать нужную кнопку.

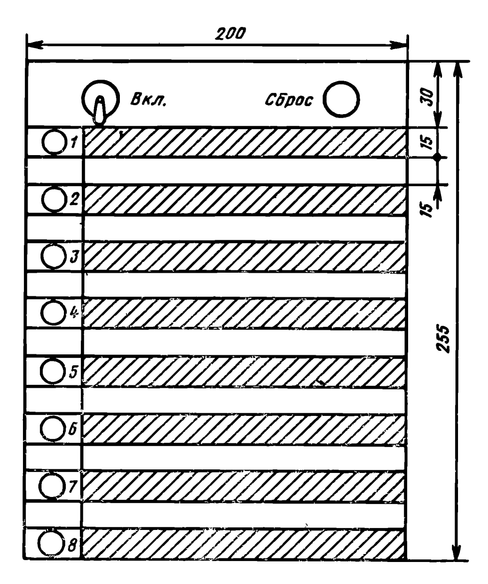
Эти и другие усовершенствования расширят возможности прибора, сделают его более универсальным.

"Кто выше?"

Кто выше всех подпрыгнет? Такие соревнования нередко устраивают ребята в пионерском лагере, на даче. За отметку высоты принимают, например, ветки деревьев. Подпрыгнул, коснулся ветки — значит, преодолел нужную высоту. Предлагаемый прибор позволит более объективно оценивать лидера, и с его помощью такие состязания можно устраивать не только там, где есть деревья, но и в любом другом месте.

"Датчиком" высоты служит плата из фольгированного стеклотекстолита, на которой расположены восемь изолированных друг от друга медных площадок (рис. 17). Плату располагают на определенной высоте. Прикосновение пальцев руки к

Рис. 17. Расположение сенсорных контактов устройства "Кто выше?"



площадкам вызывает срабатывание соответствующих реле, которые и фиксируют достигнутую высоту.

Принципиальная схема прибора показана на рис. 18. Он состоит из восьми одинаковых блоков А1 — А8. Каждый блок представляет собой емкостное реле, т. е. устройство, срабатывающее при прикосновении человека к сенсорному контакту (на схеме контакты обозначены Е1 — Е8). Каждый блок выполнен на двух транзисторах и тринисторе и представляет собой усилитель. Поскольку тело человека обладает определенной емкостью, оно имеет некоторый электрический заряд, следовательно, и разность потенциалов между любыми двумя точками тела. Поэтому при прикосновении руки к сенсорному контакту, допустим, блока А1, на базе транзистора V1 относительно общего провода появляется напряжение. Транзисторы V1, V2 открываются, и через управляющий электрод тринистора V3 начинает протекать ток. Это вызывает открывание тринистора и срабатывание электромагнитного реле К1. Своими контактами К1.1 реле включает лампу Н1 и снимает питание с блоков А2 — А8. Если теперь дотронуться до контактов Е2 — Е8, то соответствующие реле не сработают. Таким образом, лампа Н1 зафиксирут наибольшую высоту.

А если подпрыгнуть и провести пальцами снизу вверх по сенсорам? Тогда первым сработает реле К8, зажжется лампа Н8. Затем сработает реле К7, зажжется лампа Н7, а реле К8 отпустит и лампа Н8 погаснет. Затем сработает реле К6, сняв питание со всех предыдущих реле, и т. д. Таким образом, и в этом случае будет гореть только одна лампа, соответствующая наибольшей достигнутой высоте.

Чтобы возвратить устройство в исходное состояние, необходимо кратковременно нажать кнопку S1 "Сброс".

Устройство питается от стабилизированного выпрямителя (стабилитроны V26, V27 и транзистор V25).

Транзисторы КТ203Б можно заменить на транзисторы КТ361, КТ502, КТ3107 с любыми буквами; КТ801Б — на КТ815, КТ817, КТ807 с любыми буквами. Тринисторы — любые из серии КУ101. Мостовой выпрямитель V28 — типов КЦ402, КЦ405 с любыми буквами или четыре диода Д226, Д310. Реле К1 — К8 — типа РЭС-15 (паспорт РС4.591.004) или РЭС-10 (паспорт РС4.524.302). Трансформатор Т1 — типа ТВК-70, ТВК-110Л-1 или любой другой, имеющий вторичную обмотку на напряжение 12 . . . 15 В и ток не менее 200 мА.

Устройство собрано в корпусе размерами 255Х200Х80 мм. Передняя стенка корпуса представляет собой плату с сенсорными контактами (см. рис.17). Излишки фольги удалены с помощью ножа. В верхней части передней стенки установлены выключатель питания S2 и кнопка S1 "Сброс", а слева — лампы Н1 — Н8. В этом же корпусе находится и печатная плата, на которой смонтированы элементы устройст-

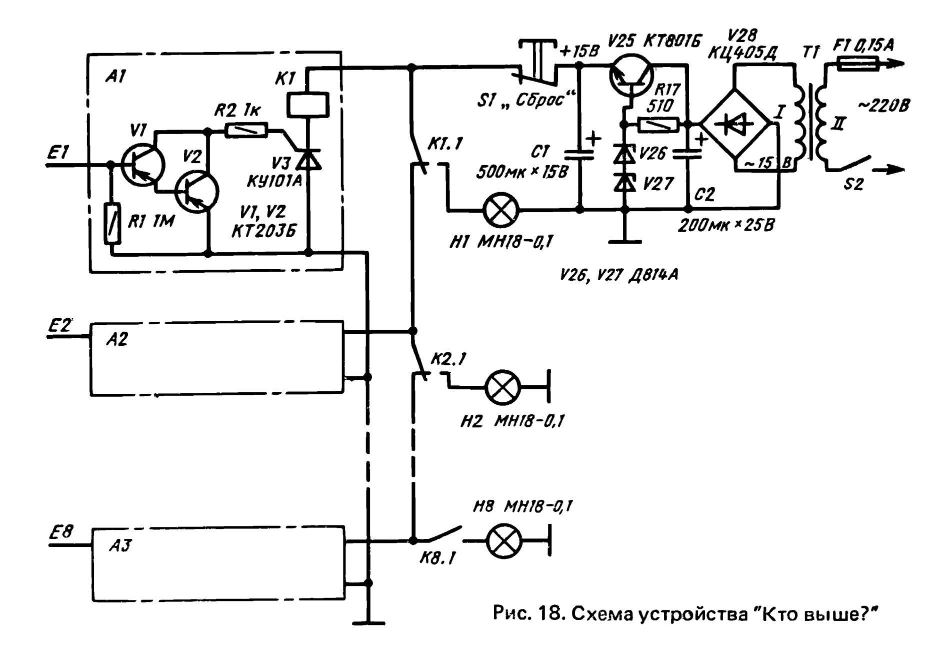


Рис. 18. Схема устройства "Кто выше?"

ва. Сенсорные контакты должны соединяться с печатной платой возможно более короткими проводами (10 . . . 20 см).

Устройство, собранное из исправных деталей и без ошибок, в налаживании не нуждается. При пользовании прибором необходимо лишь подбирать такую полярность подключения первичной обмотки трансформатора Т1 к сети, при которой обеспечивается надежное срабатывание реле.

Электронный отгадчик

На передней панели этого прибора четыре колонки цифр, а под каждой колонкой — кнопка. Играющий задумывает любую цифру от 0 до 9 и смотрит, в каких колонках она встречается. Затем нажимает соответствующие кнопки и кнопку ответа — и на табло высвечивается задуманная цифра.

Основу прибора (рис.19) составляет дешифратор, выполненный на переключателях S1—S4. Это простейшее логическое устройство преобразует двоичный код счисления в десятичный. Напомним, что любое десятичное число, которым мы пользуемся, можно представить в двоичной форме. т. е. в виде суммы степеней числа 2. Например, число $7 = 2^2 + 2^1 + 2^0$. В дешифраторе, о котором здесь идет речь, переключателю S1 соответствует число 8 (т. е. 2^3), S2 — 4 (т. е. 2^2), S3 — 2 (т. е. 2^1) и переключателю S4 — 1 (т. е. 2^0). Поэтому, чтобы зажечь цифру 7, необходимо нажать кнопки S2—S4 и замкнуть контакты тумблера S5. По схеме нетрудно проследить, что светиться будет именно эта цифра, и только она одна.

Переключатели S1—S4 могут быть типа П2К, S5 — типов ТВ2-1, ТП1-2 и др. Индикатор Н1 — типов ИН-1, ИН-8, ИН-14 или ИН-18. Подбором резистора R1 устанавливают желаемую яркость свечения индикатора.

Существенный недостаток этого электронного отгадчика заключается в том, что он требует наличия большого числа контактных групп в переключателях.

На рис.20 приведена схема еще одного электронного отгадчика, который свобо-

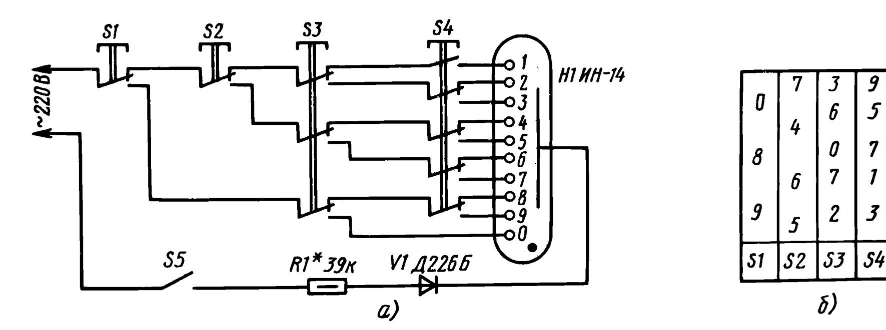


Рис. 19. Схема электронного отгадчика на переключателях:
а — принципиальная схема; *б* — расположение надписей около кнопок

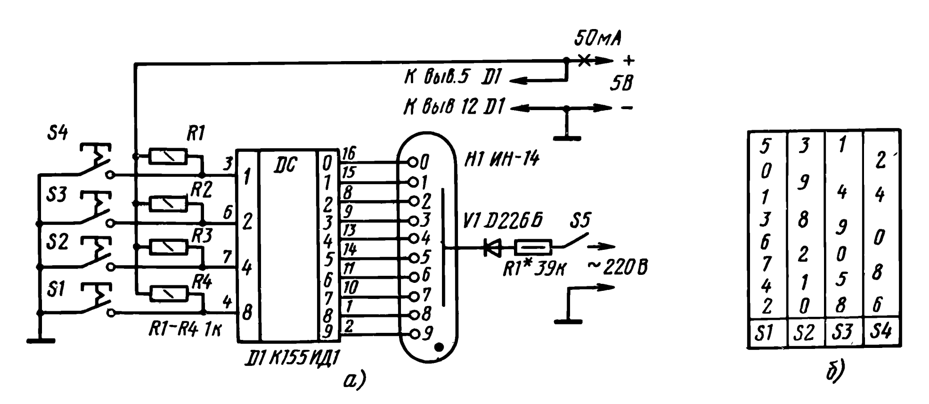


Рис. 20. Электронный отгадчик на микросхеме:
а — принципиальная схема; *б* — расположение надписей около кнопок

ден от этого недостатка. В нем дешифратор выполнен на микросхеме К155ИД1, представляющей собой двоично-десятичный дешифратор с высоковольтными транзисторными ключами. При работе отгадчика горит та цифра индикатора Н1, десятичный эквивалент которой подан в двоичном коде на вход дешифратора. Так, если нажата кнопка S1, то будет светиться цифра 7, так как на входы 1, 2, 4 микросхемы подано напряжение высокого уровня (1 + 2 + 4 = 7).

Для подачи на вход дешифратора напряжения высокого уровня соответствующая кнопка должна быть не нажата, а отпущена. Расположение цифр в колонках, соответствующих кнопкам S1—S4, показано на рис.20, *б*. Выбрав цифру, необходимо нажать кнопки под теми колонками, где она встречается.

Мы рассказали о двух вариантах электронного отгадчика, выполняющих одинаковые функции. В основу их работы положено применение дешифратора. В общем случае — это логическое устройство, преобразующее один условный код в другой (как правило, двоичный в десятичный). Дешифраторы очень широко используются в устройствах вычислительной техники, счетных и многих других устройствах. Они позволяют строить и различные игровые автоматы. В книге мы еще не раз будем рассказывать о конструкциях с применением дешифраторов.

"Падающая звезда"

Этот прибор по своему назначению подобен рефлексометру "Кто быстрее?", описанному выше. Но конструкция прибора несколько необычна. На его лицевой панели расположены шестнадцать светодиодов в виде траектории падающего тела. В руке играющего находится пульт с двумя кнопками: "Пуск" и "Сброс". Через некоторое время после нажатия кнопки "Пуск" светодиоды начинают поочередно зажигаться сверху вниз, создавая впечатление падающей звезды. Играющий должен сразу же отпустить кнопку. Чем ниже "упала Звезда", тем хуже время его реакции. Следовательно, надо тренироваться.

Рассмотрим работу устройства по его принципиальной схеме, приведенной на рис.21.

На логических элементах D1.1—D1.3 микросхемы D1 собран генератор импульсов, следующих с частотой 10 . . . 20 Гц, а на транзисторах V2, V3 и элементе D1.4 — реле времени с длительностью выдержки 5 . . . 8 с. Допустим, что на элементы устройства подано питание и счетчик D2 установлен в нулевое состояние кратковременным нажатием кнопки S2 "Сброс". Играющий нажимает кнопку S1 "Пуск". Начинает заряжаться конденсатор C1 через резисторы R1, R2. Когда конденсатор зарядится до напряжения 3 . . . 4 В, то откроются диод V1, транзисторы V2, V3, в результате чего на выходе элемента D1.4 появится напряжение высокого уровня. Импульсы генератора с выхода логического элемента D1.3 начнут поступать на вход двоично-десятичного счетчика D2. Состояние логических уровней на его выходах в любой момент представляет собой двоичный эквивалент десятичного числа (с этим читатель уже знаком по "Электронному отгадчику"). Микросхема D3 является дешифратором. В любой момент на одном из ее шестнадцати выходов — напряжение низкого уровня, светится соответствующий светодиод. Если, например, на входах 1 — 2 — 4 — 8 будут логические уровни соответственно 0 — 1 — 1 — 1, то напряжение низкого уровня — только на выводе 16 микросхемы D3, светится только светодиод V18. Таким образом, при нажатой кнопке "Пуск" последовательно зажигаются светодиоды V4, V5, V6 и т. д.

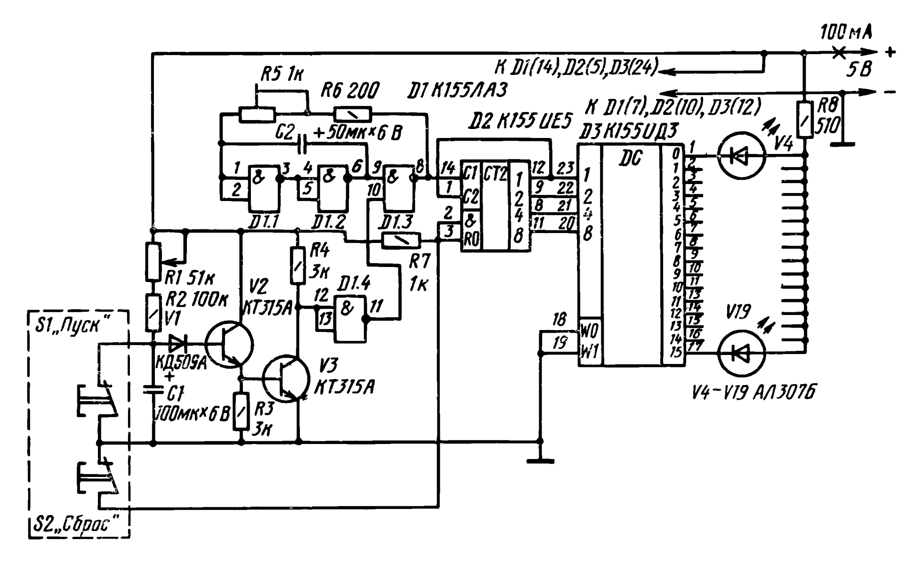


Рис. 21. Схема устройства "Падающая звезда"

Когда играющий отпускает кнопку "Пуск", то конденсатор C1 мгновенно разряжается через ее замкнутые контакты, на выходе элемента D1.4 появляется напряжение низкого уровня и подача импульсов на счетчик D2 прекращается. Один из горящих светодиодов показывает время реакции.

Почему резистор R5 подстроечный? С помощью этого резистора частоту генератора можно постепенно увеличивать, чтобы время "падения звезды" уменьшалось.

Конструкция прибора произвольная. Расстояние между светодиодами должно быть 10 . . . 20 мм. Кнопки S1 и S2 монтируют на выносном пульте, которым соединяют с прибором трехжильным кабелем. Переменный резистор R1, который изменяют продолжительность выдержки времени, находится на задней стенке прибора; там же сделано отверстие, через которое можно отверткой изменять сопротивление подстроечного резистора R5. Кнопки S1, S2 — типов КМ-2, П2К; конденсаторы C1 и C2 — К50-6. Источник питания должен быть рассчитан на ток около 100 мА.

Возможности устройства можно расширить, если в него ввести еще и звуковой полезный сигнал. Можно ввести и сигнализацию фальстарта, т. е. преждевременного отпускания кнопки "Пуск". Интересно сделать также устройство для выставления оценок за скорость реакции. Для этого понадобятся несколько логических элементов И, цифровой индикатор, некоторые другие детали. Попробуйте сделать эти усовершенствования самостоятельно.

Игровое устройство "Рулетка"

Многие из вас смотрят по телевидению увлекательную передачу "Что? Где? Когда?" Для определения очередного тура конкурса там используется механический волчок, или "рулетка". Раскручивают волчок до большой скорости, затем предоставляют ему возможность свободно вращаться. Положение стрелки волчка, которое она займет после остановки, укажет на адрес очередного вопроса или на музыкальную паузу.

Оказывается, такое устройство можно сделать электронным. На рис. 22 приведена его принципиальная схема. Если вы внимательно посмотрите на схему, то обнаружите ее сходство со схемой устройства "Падающая звезда". Здесь также использованы генератор, счетчик и дешифратор со светодиодами. Отличие состоит в отсутствии в устройстве "Рулетка" реле времени и в наличии узла для изменения частоты генератора. Да и схема генератора несколько отличается от предыдущей. Во-первых, транзистор V1 повышает входное сопротивление логического элемента D1.1, что позволяет применить конденсатор C1 сравнительно небольшой емкости. Во-вторых, частота генератора зависит от напряжения на базе транзистора V2: чем больше это напряжение, тем больше и частота.

Нарастающее или убывающее напряжение формируется узлом, собранным на резисторах R3 — R7, конденсаторе C2 и кнопке S1. В исходном состоянии контактов кнопки, показанном на схеме, напряжение на конденсаторе C2 составляет примерно 1 В. При этом транзистор V2 закрыт, его внутреннее сопротивление велико и генератор не работает. Счетчик D2 находится в произвольном состоянии, и светится один из светодиодов V3—V18. При нажатии кнопки S1 "Пуск" конденсатор C2 начинает заряжаться. Ток базы транзистора V2 плавно увеличивается, внутреннее сопротивление транзистора уменьшается, и начинает работать генератор, причем частота его импульсов постепенно увеличивается. Светодиоды V3—V18 расположены по окружности, поэтому создается впечатление кругового движения горящей точки (светится только один светодиод). Когда конденсатор C2 зарядится до максимального напряжения, определяемого сопротивлением резисторов делителя, частота импульсов генератора будет максимальной. Теперь кнопку S1 можно отпустить. Начнется разрядка конденсатора C2, и частота генератора будет плавно уменьшаться. Через некоторое время

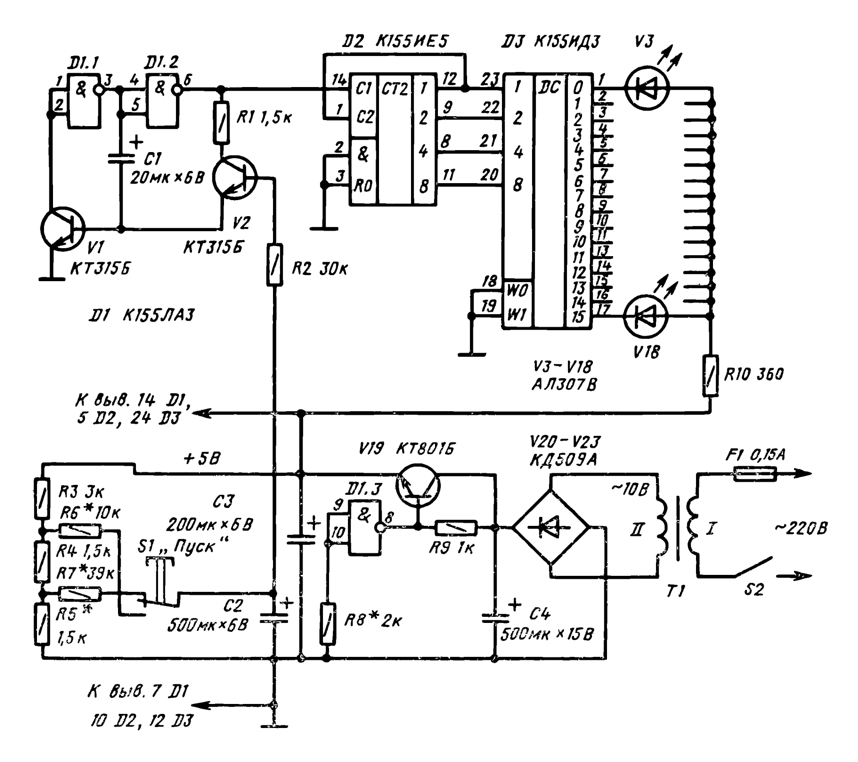


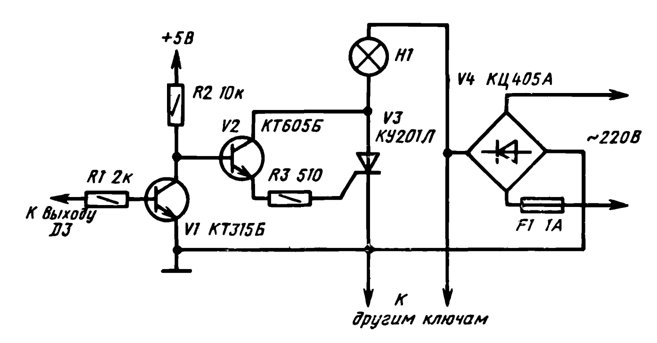
Рис. 22. Схема игрового устройства "Рулетка"

внутреннее сопротивление транзистора V2 увеличится насколько, что генератор остановится и будет гореть один из светодиодов V3—V18. Какой именно светодиод — заранее предугадать невозможно. Именно эта особенность и позволяет использовать устройство в различных играх. Можно, например, около каждого светодиода написать числа от 1 до 16 и соревноваться, кто больше очков наберет, скажем, за пять ходов (играют поочередно несколько участников). Если же каждому числу поставить в соответствие какое-нибудь задание, которое должен выполнить участник, то можно проводить с помощью "Рулетки" интересные конкурсы, викторины.

Устройство собрано в круглом корпусе диаметром 300 мм. На верхней крышке находятся 16 светодиодов, равномерно размещенные по окружности, и кнопка S1 "Пуск" (в центре окружности). Выключатель питания S2 и держатель предохранителя F1 расположены на нижней крышке корпуса в углублении.

В устройстве можно применять следующие радиодетали. Транзисторы V1, V2 — любые из серий КТ312, КТ315, КТ342, КТ3117, V19 — КТ801, КТ807, КТ815 с любыми буквами. Диоды КД509А (V20—V23) можно заменить на Д310, Д311, Д226, КД202 с любыми буквами. Светодиоды V3—V18 могут быть типов АЛ102, АЛ307, АЛ310 с любыми буквами. Можно вместо них применять также миниатюрные лампы накаливания НСМ6.3-20, но при этом вместо резистора R10 следует поставить перемычку и включить резисторы сопротивлением 510 . . . 680 Ом между выходами дешифратора D3 и общим проводом (это уменьшит бросок тока при включении ламп накаливания, поскольку нити ламп все время будут разогреты небольшим током,

Рис. 23. Схема бесконтактного ключа для выносного табло "Рулетки"



протекающим через резисторы). Конденсаторы С1—С4 — типов К50-6, К50-12, К50-3. Резисторы — типа МЛТ-0,25. Кнопка S1 — типа КМ1-1, П2К, выключатель питания — тумблер (МТ1, П1Т-1-1, Т1, Т2 и др.). Трансформатор Т1 — любой, имеющий вторичную обмотку на напряжение 8 ... 12 и ток не менее 200 мА (подойдут, например, без переделки трансформаторы типов ТВК-70Л2, ТВК-110ЛМ, ТВК-110Л2). Транзистор V19 установлен на небольшом уголке площадью 15 ... 20 см² — он служит радиатором.

При налаживании сначала, отключив от стабилизатора цепи питания микросхем, с помощью резистора R8 устанавливают на эмиттере V19 напряжение 5 В. Затем восстанавливают цепи питания микросхем. Нажимают на кнопку S1 "Пуск" и подбором резистора R6 устанавливают требуемую скорость "разгона" (т. е. скорость нарастания частоты генератора). После этого кнопку S1 отпускают, резистор R7 закорачивают, резистор R5 временно заменяют переменным такого же номинала и, перемещая его движок вниз (по схеме), добиваются срыва колебаний генератора. После этого снимают перемычку с резистора R7, нажатием кнопки S1 "Пуск" вновь "разгоняют" генератор, затем кнопку отпускают и подбором резистора R7 устанавливают требуемую скорость остановки. На этом налаживание можно считать законченным.

При использовании устройства в большом зале размеры его могут оказаться недостаточными. В этом случае целесообразно изготовить выносное табло размером 1 ... 1,5 м с лампами на сетевое напряжение и мощностью 40 ... 60 Вт. Для коммутации ламп применяются бесконтактные ключи на тринисторах (рис.23). При подаче напряжения низкого уровня на вход ключа транзистор V1 закрыт, а транзистор V2 и тринистор V3 открыты, лампа Н1 светится.

При использовании выносного табло светодиоды V3—V18 можно не отключать от выходов дешифратора.

Генератор случайных чисел

Генераторы случайных чисел широко используются в технике при моделировании случайных явлений и процессов с целью определения вероятности того или иного исхода. Любой параметр готового устройства определяется параметрами входящих в него компонентов. Параметры же компонентов могут иметь случайный разброс. Например, сопротивления резисторов и емкости конденсаторов мультивибратора могут отличаться от номинальных значений до ±20 %, причем величина и знак этого отклонения случайны.

Статический коэффициент передачи тока транзисторов, входящих в мультивибратор, может иметь двукратный (а иногда и более) разброс, в результате чего фактическая частота генерации мультивибратора всегда отличается от расчетной. Рассчитать даже на самой быстродействующей ЭВМ выходную частоту колебаний мульти-

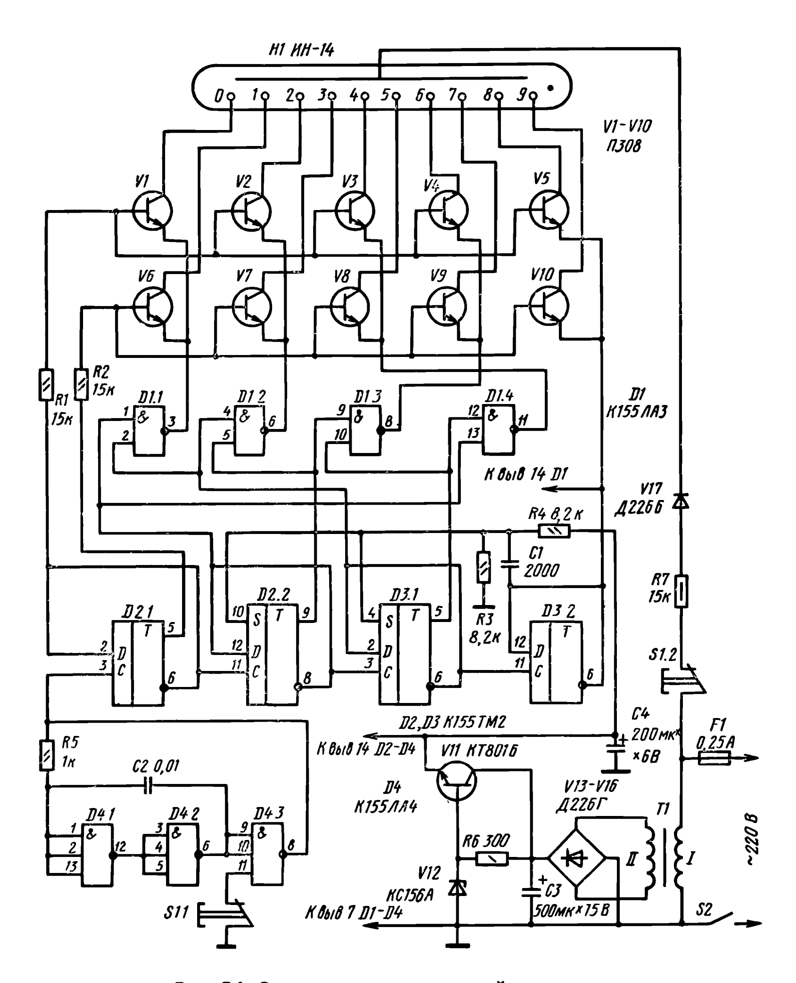


Рис. 24. Схема генератора случайных чисел

вибратора для всех возможных сочетаний параметров компонентов практически невозможно. Поэтому для определения возможных выходных частот расчет ведут для нескольких сотен (или тысяч, в зависимости от требуемой достоверности результата) случайных сочетаний параметров компонентов. Значения случайных параметров получаются с помощью генераторов случайных чисел, действие которых основано на различных принципах.

Описываемый здесь простой генератор случайных чисел (рис.24) можно использовать в различных игровых автоматах, в которых нередко суть игры основывается (целиком или частично) на случайной последовательности чисел. Генератор выдает цифры от 0 до 9 в случайной последовательности, т. е. без соблюдения каких-либо правил. Говоря иначе, наперед невозможно угадать, какая из десяти цифр появится на его индикаторе после предыдущей.

Основными блоками этого устройства являются генератор импульсов, собранный на трех элементах 3И-НЕ (D4.1 – D4.3) микросхемы D4, и счетная декада на микро-

схемах D1—D3 и транзисторах V1—D10 с цифровым газоразрядным индикатором H1 на выходе. Частота следования импульсов, формируемых генератором, определяется постоянной времени цепи R5C2 и равна приблизительно 30 кГц.

При нажатии кнопки S1 импульсы генератора поступают на вход десятичного счетчика, собранного на четырех D-триггерах микросхем D2, D3. За время удержания этой кнопки пальцем (1 . . . 3 с) счетчик многократно переполняется, поэтому число, записанное в нем после отпускания кнопки, практически случайное. В нем четыре D-триггера соединены между собой последоваетльно и работают в счетном режиме, т. е. положительный перепад напряжения на входе каждого триггера изменяет его состояние на противоположное предыдущему. Для обеспечения такого режима триггера его информационный вход D соединен с инверсным выходом этого же триггера. Коэффициент пересчета 10 получен благодаря использованию обратной связи с инверсного выхода счетчика через цепь C1R3R4.

Работа счетчика поясняется таблицей истинности (табл.3).

Таблица 3

Номер импульса	Q1	Q2	Q3	Q4
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	1	1	0	0
4	0	0	1	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	1	1	1	0
8	0	0→1	0→1	1
9	1	1	1	1

В этой таблице Q1, Q2, Q3 и Q4 — прямые выходы триггеров D2.1, D2.2, D3.1 и D3.2 соответственно. Цифры в строках обозначают состояния триггеров после прихода импульсов: 1 — напряжение высокого уровня; 0 — напряжение низкого уровня.

Допустим, все триггеры находятся в нулевом состоянии. При подаче первых семи импульсов декада работает подобно обычному двоичному счетчику. С приходом восьмого импульса вначале устанавливается состояние триггеров 0001. Но это состояние кратковременное (оно длится несколько десятков наносекунд), так как отрицательный перепад напряжения на выходе $\bar{Q}$D-триггера D3.2 почти мгновенно через дифференцирующую цепь C1R3R4 переключает триггеры D2.2, D3.1 в единичные состояния (в таблице показано стрелками). Дальнейшая работа декады иллюстрируется таблицей.

В описываемом приборе установка триггеров декад в нулевое состояние перед началом подачи импульсов не обязательна.

Максимальная частота работы декады определяется в основном номиналами конденсатора C1 и резистора R3 и может быть вычислена по приближенной формуле $f_{max} = 3/R_3C_1$ (здесь емкость конденсатора — в фарадах, сопротивление резистора — в омах). Емкость конденсатора должна быть не менее 100 пФ, а сопротивление резистора — не более 10 кОм.

Для расшифровки состояний триггеров использован дешифратор, собранный на элементах D1.1—D1.4 микросхемы D1 и транзисторах V1—V10, являющихся одновременно и высоковольтными электронными ключами. Работает дешифратор следующим образом. Низкий потенциал на выводе 3 элемента D1.1, открывающий со сторо-

ны эмиттера транзистор V1 или V6, формируется при наличии на обоих входах этого логического элемента и выводе 14 (питание) высокого потенциала. Если хотя бы на одном из входов элемента D1.1 напряжение низкого уровня, то на его выходе (вывод 3) будет напряжение высокого уровня и транзисторы V1, V6 закрыты. Если на вывод 14 будет подано напряжение низкого уровня, то все транзисторы микросхемы D1 и транзисторы V1 — V4, V6 — V9 закрыты. Открыт будет только один из транзисторов — V5 или V10, в зависимости от состояния первого триггера счетчика (D2.1).

Предлагаем самостоятельно проанализировать работу дешифратора при всех десяти возможных состояниях счетчика.

Микросхемы питаются от двухполупериодного выпрямителя на диодах V13 — V16 со стабилизатором выпрямленного напряжения, в котором работают стабилитрон V12 и транзистор V11. Цифровой индикатор H1 для повышения срока службы питается напряжением однополупериодного выпрямителя на диоде V17. На время подачи импульсов генератора к счетчику контакты S1.2 кнопки S1 размыкают цепь анодного напряжения, что устраняет мерцание цифр индикатора.

Конструкция генератора случайных чисел произвольная. Вместо микросхем серии К155 можно использовать аналогичные им микросхемы серии К133. Транзисторы V1 — V10 могут быть типов П307, П308, П309, КТ605 или микросборка К1НТ661А; транзистор V11 — типов КТ801, КТ807 или КТ602 с любым буквенным индексом. Конденсаторы и резисторы — любых типов. Цифровой индикатор H1 — типов ИН-1, ИН-4, ИН-8, ИН-12 или ИН-14. Сопротивление резистора R7 указано для индикатора ИН-14.

Сетевой трансформатор T1 блока питания — мощностью 5 . . . 10 Вт, понижающий напряжение сети до 7 . . . 10 В. Данные самодельного трансформатора: магнитопровод Ш20Х20, обмотка I — 2640 витков провода ПЭВ-2 0,12, обмотка II — 100 витков провода ПЭВ-2 0,22.

Прибор, собранный правильно и из исправных деталей, не нуждается в налаживании. Проверить же, что индицируемые им цифры действительно случайны, можно, записав последовательность определенного числа цифр, "выданных" прибором, например 500 цифр. В этом случае в соответствии с теорией вероятностей каждая из цифр 0 . . . 9 должна повторяться в этой последовательности примерно 50 раз, т. е. 1/10 часть общего числа цифр последовательности. Чем длиннее последовательность, тем точнее будет результат.

Прибор может быть использован для иллюстрации некоторых вопросов теории вероятностей и математической статистики, при проведении различного рода экспериментов, а также в ряде игр.

Счетная декада, используемая в генераторе случайных чисел, достаточно проста и может быть рекомендована для повторения, если не окажется микросхем высокой степени интеграции. Если же такие микросхемы есть, то схема прибора значительно упростится. На рис.25 приведена принципиальная схема еще одного варианта генератора случайных чисел, выполненного на двух микросхемах серии К176.

Названная серия отличается от уже знакомой нам серии К155 тем, что выполнена на полевых транзисторах. Поэтому микросхемы этой серии потребляют очень малую мощность. Так, для используемых в описываемом ниже генераторе случайных чисел микросхем К176ЛА7 и К176ИЕ8 ток потребления (в статическом режиме) не превышает 0,1 и 100 мкА соответственно. Кроме того, логические элементы, входящие в состав микросхем, имеют высокое входное сопротивление (несколько мегаом) что также является их достоинством (в этом вы убедитесь ниже).

На микросхеме D1 собран генератор, а на микросхеме D2 — счетчик с дешифратором. Микросхема К176ИЕ8 представляет собой десятичный счетчик, совмещенный с дешифратором. Вход R служит для установки исходного состояния (для этого на не-

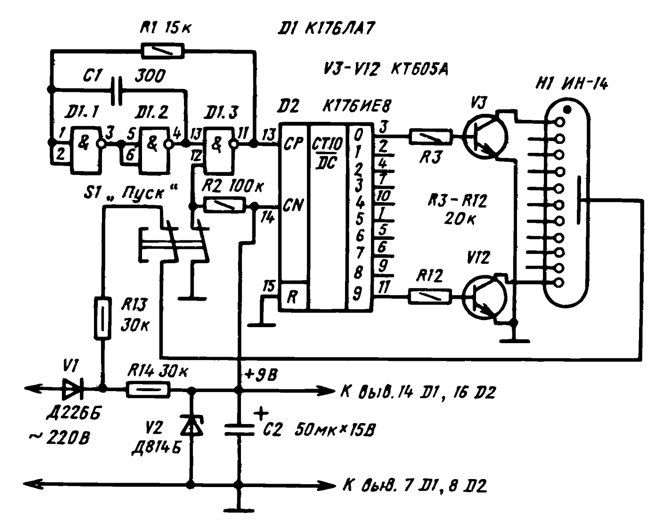


Рис. 25. Схема второго варианта генератора случайных чисел

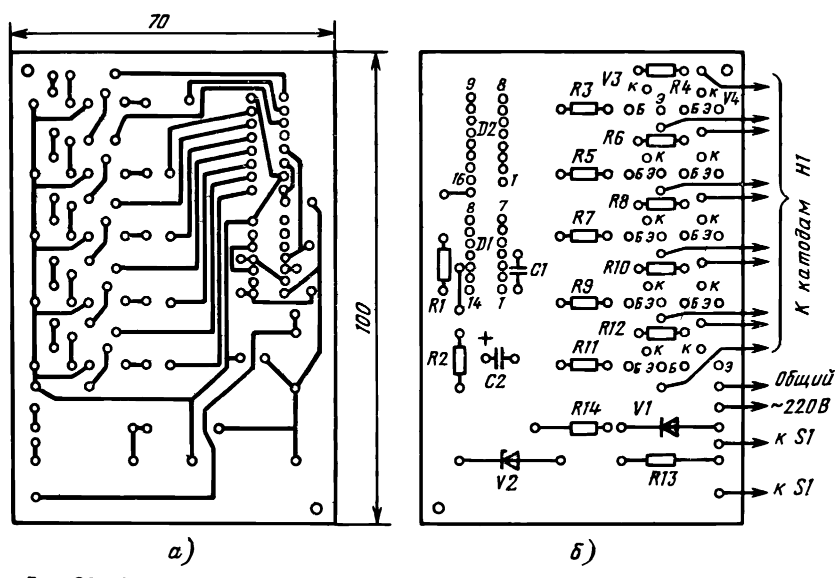


Рис. 26. Монтажная плата и схема размещения деталей на ней:
а — расположение печатных проводников; *б* — расположение деталей на плате

го необходимо кратковременно подать напряжение высокого уровня), а вход CP — для подачи счетных импульсов положительной полярности. Микросхема имеет также вход CN для подачи импульсов отрицательной полярности (в данном случае на него подано напряжение высокого логического уровня). В процессе счета на выходах микросхемы последовательно появляются напряжения высокого уровня.

Как видите, микросхема К176ИЕ8 аналогична соединенным вместе двум микросхемам К155ИЕ2 и К155ИД1, с той лишь разницей, что на ее выходе нет высоковольтных ключей для управления газоразрядным цифровым индикатором. В данном случае ключи выполнены на транзисторах V3 — V12.

Питается генератор случайных чисел от простейшего однополупериодного выпрямителя с параметрическим стабилизатором и фильтром (V1V2C2). Резистор R2 необходим для подачи напряжения высокого уровня на вывод 12 микросхемы D1.

Генератор случайных чисел собран на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита (рис.26).

В налаживании устройство не нуждается.

При пользовании генератором случайных чисел необходимо соблюдать меры безопасности, поскольку все элементы устройства имеют гальваническую связь с сетью.

ДЛЯ СПОРТА, КАБИНЕТОВ ПРОФОРИЕНТАЦИИ

В этом разделе описаны электронные устройства, которые могут найти применение в спорте, в кабинетах профориентации общеобразовательных школ. Все эти приборы предназначаются для ориентировочного выявления определенных способностей человека, пригодности его к той или иной профессии. Они помогают также развивать у человека навыки и умения, необходимые для занятий спортом, выполнения профессиональных функций.

Рефлексометры

"У Сергея плохая реакция на выстрел, а то он прибежал бы первым", — говорили болельщики после школьных соревнований по бегу на дистанцию 100 м. И действительно, Сергей немного замешкался на старте, и эти лишние доли секунды не позволили ему выиграть. А ведь бегает он неплохо.

Хорошая реакция нужна не только бегуну, но и футболисту, хоккеисту, шоферу...

Что же такое реакция? Это время, которое проходит от момента воздействия на наши органы чувств какого-либо раздражения до момента принятия конкретных

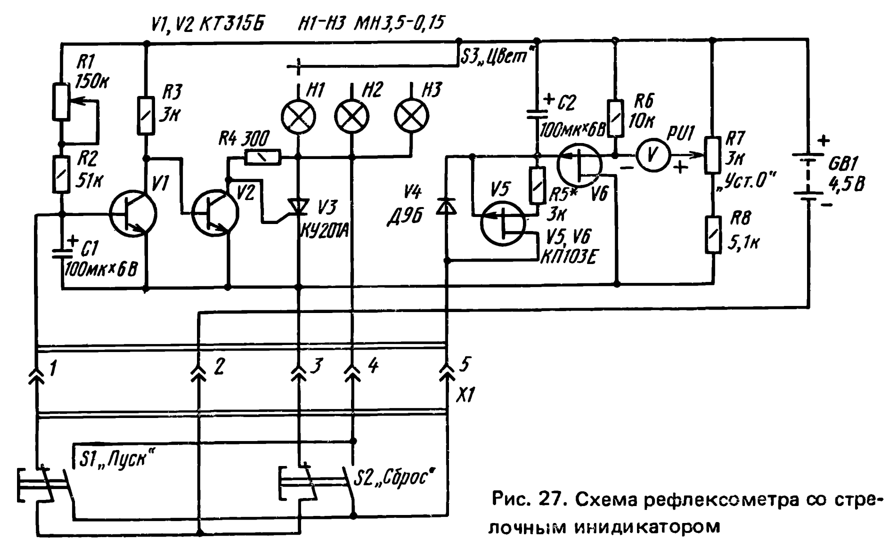


Рис. 27. Схема рефлексометра со стрелочным инидикатором

действий. Например, шофер увидел яму на дороге и нажал на тормоза. Промежуток времени "увидел — нажал" и будет составлять в этом случае время реакции. Несомненно, есть люди с хорошей и плохой реакцией от рождения. Но ведь реакцию можно тренировать. Для этого и предназначаются рефлексометры разной сложности и функционального назначения.

Рефлексометр со стрелочным индикатором. Этот рефлексометр (рис.27) позволяет определять время реакции на раздражители красного, зеленого и синего цветов, которые устанавливают переключателем S3. Работа с прибором проста — надо нажать и удерживать кнопку S1 "Пуск" до тех пор, пока на табло не загорится лампа выбранного цвета, а затем быстро отпустить кнопку. Стрелка индикатора-секундомера покажет время реакции.

Как работает рефлексометр? При нажатии на кнопку S1 "Пуск" включается реле выдержки времени, собранное на транзисторах V1, V2 и тринисторе V3; одновременно к аноду тринистора подключается стабилизатор тока на транзисторе V5 и резисторе R5. Пока тринистор закрыт, напряжение на его аноде близко к напряжению источника питания и конденсатор C2 реле времени практически разряжен. Через некоторое время, определяемое емкостью конденсатора C1 и сопротивлением резисторов R1, R2, тринистор V3 откроется и загорится одна из ламп H1—H3 (в зависимости от положения контактов переключателя S3). Стабилизатор тока подключается к общему проводу, и через тринистор V3 (и включенную лампу) начинает заряжаться конденсатор C2. К этому конденсатору подключен вольтметр постоянного тока, представляющий собой измерительный мост, образованный полевым транзистором V6 и резисторами R6—R8, в диагональ которого включен вольтметр PU1. Когда конденсатор C2 заряжается (его зарядка происходит через стабилизатор тока, т е. по линейному во времени закону), измерительный мост разбалансируется и стрелка вольтметра отклоняется от нулевой отметки шкалы. Угол отклонения стрелки прямо пропорционален продолжительности зарядки конденсатора C2. Как только испытуемый отпустит кнопку S1, зарядка конденсатора C2 прекратится — стрелка индикатора покажет время реакции.

Если испытуемый отпустит кнопку S1 до того, как вспыхнет полезный сигнал (фальстарт), то стрелка индикатора будет стоять на нулевой отметке шкалы вольтметра.

После измерений показания секундомера сбрасывают нажатием кнопки S2 "Сброс" При этом горевшая лампа гаснет, а конденсатор C2 разряжается через диод V4 и нить накала лампы.

Перед началом измерений стрелку прибора PU1 устанавливают на нулевую отметку переменным резистором R7.

Транзисторы V1, V2 любые из серий КТ306, КТ312, КТ315; транзисторы V5, V6 — любые из серий КП102, КП103; тринистор V3 — любой из серии КУ201; диод V4 — любой из серии Д9, Д311. Переменные резисторы R1, R7 — типа СП-1, постоянные резисторы МЛТ-0,25. Конденсаторы C1 и C2 — типа К50-6 или К50-3. Переключатель S3 — галетного типа 3П3Н. Вольтметр PU1 — стрелочный прибор М906-3 на напряжение 1 В. Можно использовать микроамперметр на ток полного отклонения стрелки 100 . . . 200 мкА, включив последовательно с ним резистор с таким сопротивлением, чтобы стрелка отклонялась до конечного деления шкалы при напряжении диагонали моста 1 . . . 1,5 В. Разъем X1 образован стандартными пятиконтактными штепселем СШ-5 и гнездом СГ-5. Кнопки пульта испытуемого — типа КМ2-I.

Детали рефлексометра можно смонтировать на плате из любого изоляционного материала и установить ее вместе с источником питания в любом подходящем корпусе. На передней стенке корпуса располагают индикатор PU1, цветные фонари с лампами H1—H3, гнездо разъема X1 и переменный резистор R7 "Уст.0" (рис.28). Переменный резистор R1 и переключатель S3 целесообразно разместить на задней

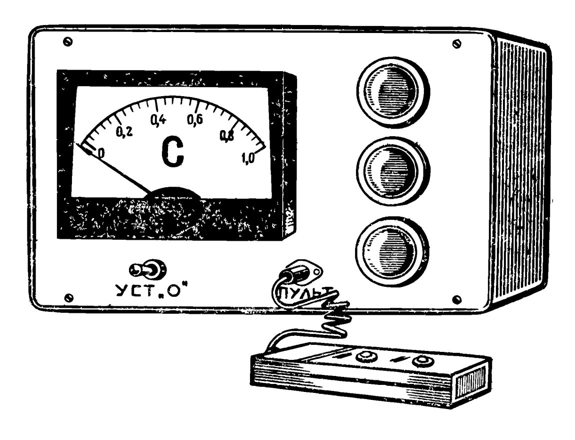


Рис. 28. Внешний вид рефлексометра

стенке корпуса, чтобы испытуемый не знал о заданной выдержке реле времени и положении ручки переключателя S3. Кнопки S1, S2 монтируют на выносном пульте, который соединяют с прибором с помощью гибкого кабеля и разъема X1.

Настройка прибора заключается в основном в подборе резистора R5; его сопротивление должно быть таким, чтобы стрелка вольтметра PU1 отклонялась до конечного деления шкалы за 1 с.

Возможности этого варианта рефлексометра можно расширить, если ввести в него узел звуковой сигнализации фальстарта (рис.29), т. е. преждевременного отпускания кнопки "Пуск". Тогда при нажатии кнопки S1 "Пуск" (она должна быть с дополнительными нормально разомкнутыми контактами) откроется тринистор V11 и соединит эмиттер транзистора V10 с отрицательным полюсом батареи питания GB1. Эмиттер транзистора V9 через диод V7 и одну из выключенных ламп H1—H3 окажется соединенным с положительным полюсом батареи. Но генератор звукового сигнала пока не будет работать, так как база транзистора V9 соединена с плюсовым проводом цепи питания через открытый диод V8 и замкнутые контакты кнопки S1.

Если испытуемый дождется загорания полезного сигнала и только после этого отпустит кнопку S1, то транзистор V9 генератора останется закрытым и генератор работать не будет. Если же испытуемый отпустит кнопку преждевременно, диод V8 отключится от анода тринистора V3, транзистор V9 откроется (в цепи его базы потечет ток, определяемый сопротивлением резистора R9) и в динамической головке B1 раздастся звуковой сигнал. Тембр звукового сигнала зависит от емкости конденсатора C3.

В качестве пусковой кнопки S1 можно использовать переключатель П2К без фиксации включенного положения. Разъем X1 — любого типа с шестью контактами или прежний, если одним из контактов будет служить его корпус.

При работе с прибором необходимо помнить, что питание на элементы устройства подается после включения в штепсель гнездовой части разъема X1. Поэтому по окончании пользования прибором от него следует отключать пульт испытуемого.

Рефлексометр "Спектр", схема которого показана на рис.30, по логике работы аналогичен рефлексометру со стрелочным секундомером. Отличие состоит в том, что время реакции фиксируется не стрелочным, а цифровым секундомером. Кроме того, в рефлексометр введены отвлекающие сигналы.

Рассмотрим работу рефлексометра.

В руках у испытуемого находится пульт с кнопками S1 и S2, который через разъем X1 связан с прибором гибким четырехжильным кабелем. Перед началом эксперимента кратковременно нажимают кнопку S2 "Сброс". При этом установится в нулевое состояние электронный счетчик на микросхемах D2—D5, закроется тринистор V4 (если до этого он был открыт). Переключателем S3 "Цвет" выбирают цвет лампы полезного сигнала, на который будет реагировать испытуемый. Лампы H2, H4, H6 выполня-

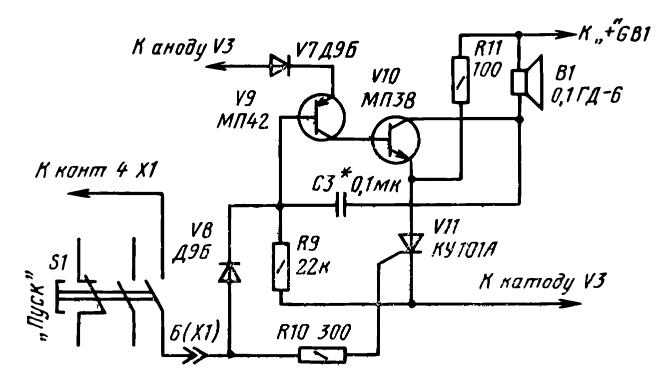


Рис. 29. Схема узла звуковой сигнализации фальстарта

Рис. 30. Схема рефлексометра "Спектр"

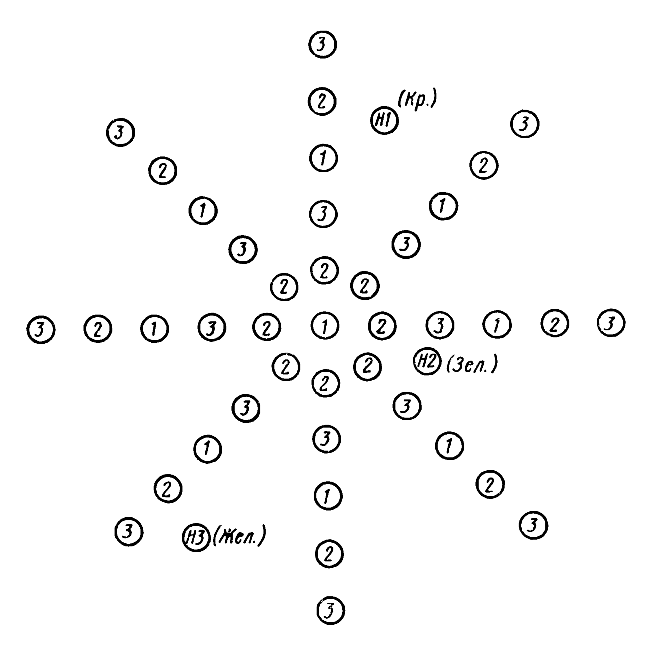


Рис. 31. Расположение ламп отвлекающего сигнала

ют фукции эталонов. Лампы H1, H3, H5, баллоны которых окрашены в красный, зеленый и желтый цвета, расположены вперемежку с лампами отвлекающих сигналов на матовом экране размерами 200 X 200 мм. Все лампы отвлекающих сигналов соединены последовательно в три гирлянды (на рис.31 лампы каждой гирлянды условно обозначены цифрами 1, 2 и 3). Гирлянды последовательно переключаются трехфазным мультивибратором с частотой 0,3 . . . 1 Гц (можно, например, собранным по схеме на рис.50). При работе мультивибратора создается впечатление, что световые лучи "убегают" от центра к краям экрана. Заметить зажигание ламп H1, H3 и H5 полезного сигнала на фоне мигающего экрана довольно трудно.

Итак, испытуемый нажимает и продолжает удерживать кнопку S1 "Пуск". При этом лампы эталонных цветов H2, H4, H6 отключаются, начинается зарядка конденсатора C1 через резисторы R1 и R2. Когда напряжение на конденсаторе достигнет напряжения открывания диода V1 и эмиттерных переходов транзисторов V2 и V3 (2 . . . 3 В), транзисторы V2, V3 и тринистор V4 откроются, загорится одна из ламп полезного сигнала — H1, H3 или H5. Одновременно на выводе 5 элемента D1.2 появляется напряжение высокого уровня, которое разрешает прохождение импульсов на вход счетчика. Эти импульсы прямоугольной формы с частотой 100 Гц получаются в результате выпрямления переменного напряжения сети (50 Гц) диодным мостом V7 — V10 и последующего формирования элементами D1.1 и D1.2.

В рефлексометре использован двухразрядный счетчик — сотых и десятых долей секунды. Он собран на микросхемах D2 — D5, а индикация показаний осуществляется цифровыми индикаторами H1 — H3.

Рассмотрим работу счетчика подробнее. Микросхема К155ИЕ2 представляет собой двоично-десятичный четырехразрядный счетчик. Для обеспечения счетного режима работы выход первого ее триггера (вывод 12) соединен со входом второго триггера (вывод 1). Входные импульсы подают на вход C1 (вывод 14). Установка всех

четырех триггеров счетчика в нулевое состояние обеспечивается подачей напряжения высокого уровня на входы &R0 (в рефлексометре это происходит при нажатии кнопки S2 "Сброс"). В режиме счета импульсов на входы &R0 должно быть подано напряжение низкого уровня. При поступлении импульсов на вход C1 происходит последовательное переключение триггеров микросхемы таким образом, что число, записанное в триггерах и выведенное в двоичной форме на выходы 1—2—4—8, соответствует числу поступивших на счетчик импульсов, считая от момента его сброса. Выходы счетчика соединены с соответствующими входами дешифратора (микросхема К155ИД1), который преобразует двоично-десятичный код в десятичный и управляет работой индикатора ИН-14.

Импульсы частотой 100 Гц подаются на вход C1 микросхемы D4, а с ее выхода (вывод 11) — на вход C1 микросхемы D2. Цифровой индикатор H3 высвечивает сотые доли секунды, а индикатор H2 — десятые доли; индикатор H1 подключен постоянно и высвечивает цифру 0 (секунды). Чтобы испытуемый не мог реагировать на мерцание цифр индикаторов при работе счетчика, их анодная цепь разрывается контактами S1.2 кнопки S1 и восстанавливается только после отпускания этой кнопки. Если время реакции превысит 0,9 с, то на выводе 2 микросхемы D3 появится напряжение низкого уровня, откроются диод V5 и тринистор V6, загорится табло "Замедленная реакция" (лампа H7).

Увидев полезный сигнал, испытуемый отпускает кнопку S1. При этом транзисторы V2, V3 закроются, на входе элемента D1.2 появится напряжение низкого уровня и подача импульсов на счетчик прекратится. Цифровые индикаторы будут высвечивать время реакции. Если оно превышает 0,9 с, то загорится табло "Замедленная реакция". После этого устройство можно установить в исходное состояние кратковременным нажатием кнопки S2 "Сброс".

Транзисторы V2 и V3 рефлексометра могут быть любыми из серий КТ306, КТ312, КТ315; тринисторы V4 и V6 — типа КУ101 с любыми буквами. Конденсатор C1 — типов К50-6, К50-12 или К53-1; переменный резистор R2 — типа СП-1; постоянные резисторы — типа МЛТ-0,25. В гирляндах отвлекающих сигналов использованы коммутаторные лампы КМ12-90, причем последовательно с гирляндой 1, содержащей меньшее число ламп, включен резистор типа ПЭВ-7,5 сопротивлением 910 Ом. Гирлянды рассчитаны на напряжение сети 220 В. Баллоны всех ламп окрашены в желтый цвет. Для окраски ламп можно использовать теплостойкие бесцветные лаки, растворив в них пасту от шариковых стержней необходимого цвета. Лампы гирлянды смонтированы в пенопласте толщиной 2 . . . 2,5 см, который сверху закрыт матовым стеклом.

В этот рефлексометр можно ввести сигнализацию преждевременно отпущенной кнопки S1 (т. е. сигнализацию фальстарта), автоматический сброс устройства (тогда не понадобится кнопка S2), звуковую индикацию полезного сигнала. Предлагаем радиолюбителям самостоятельно выполнить эти усовершенствования.

Рефлексометр с возможностью выбора. Принцип действия двух описанных рефлексометров состоит в том, что испытуемый должен реагировать на полезный сигнал вполне определенным (однозначным) образом: нажатием кнопки. Однако в повседневной жизни мы заранее не можем предполагать, каких действий потребует от нас возникшая неожиданно ситуация. В этом случае быстрота принятия решений зависит не только от скорости реакции человека, но и от его способности сориентироваться в новой обстановке. Оценить в какой-то степени такую способность позволит рефлексометр, описание которого здесь приводится.

Сущность проверки реакции состоит в следующем. На табло в случайной последовательности появляются цифры от 0 до 9. В течение времени горения цифры испытуемый должен успеть нажать кнопку с номером, соответствующим появившейся цифре. Если нажата нужная кнопка и в срок, в актив испытуемому засчитывается одно

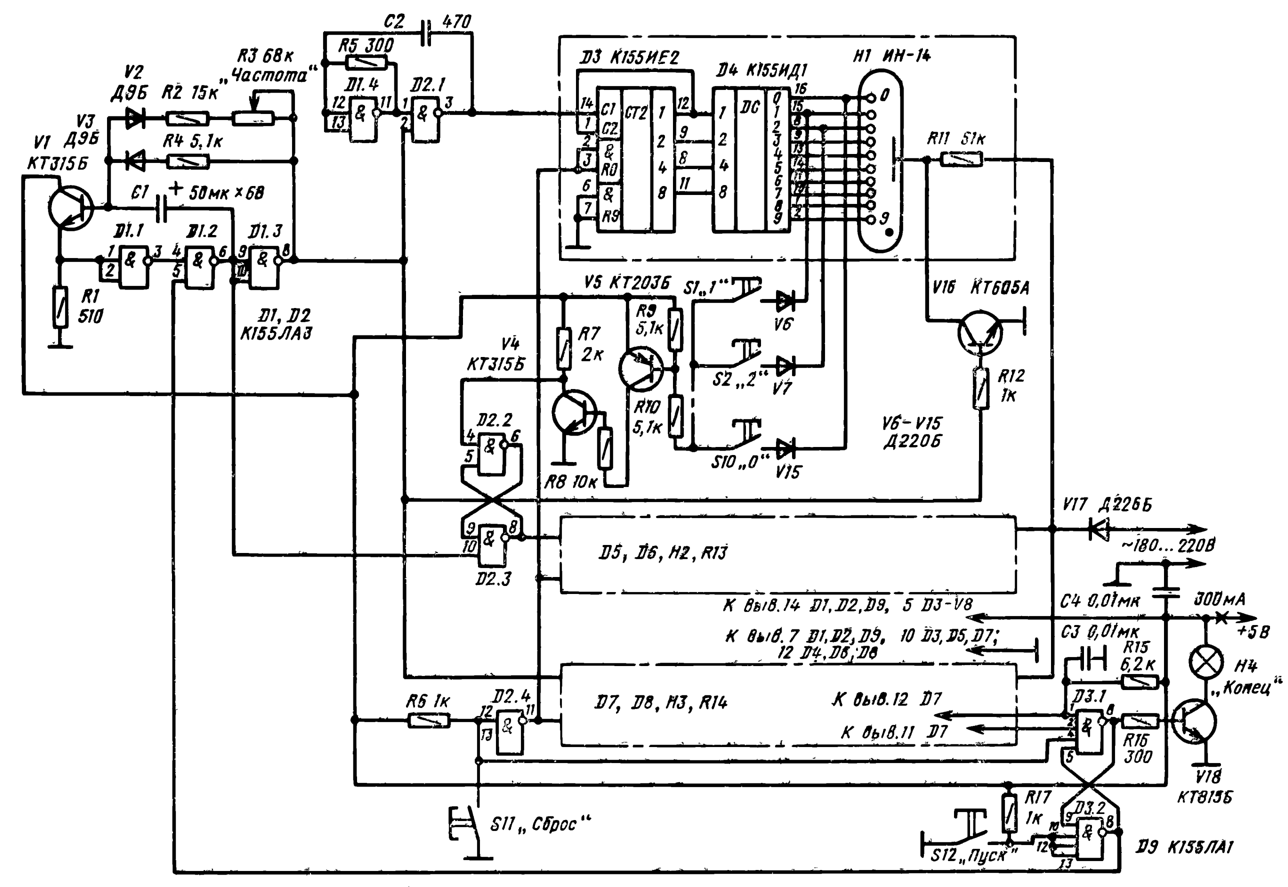


Рис. 32. Схема рефлексометра с возможностью выбора

очко, в противном случае очко не засчитывается. Чем больше очков будет набрано, тем лучшими перечисленными выше способностями обладает человек.

Рассмотрим работу устройства по его принципиальной схеме, приведенной на рис. 32. На микросхемах D3 — D8 собраны три декадных счетчика, принцип работы которых пояснялся выше. Индикатор H1 первого счетчика "выдает" случайные числа, второй счетчик фиксирует набранные очки, а третий — считает общее число циклов. На логических элементах D1.4 и D2.1 собран генератор, вырабатывающий импульсы с частотой следования в несколько десятков килогерц, а на логических элементах D1.1 — D1.3 — генеретор инфранизкой (доли герца) частоты. Допустим, что второй генератор находится в состоянии, при котором на выходе элемента D1.3 напряжение высокого уровня (на все элементы устройства подано питание, и микросхемы установлены в исходное состояние нажатием кнопки S11 "Сброс", а затем нажата кнопка S12 "Пуск"). В этом случае на счетный вход C1 микросхемы D3 будут поступать импульсы высокой частоты. Через некоторое время конденсатор C1 перезарядится и на выходе D1.3 появится напряжение низкого уровня, генератор D1.4D2.1 остановится. Но счетчик D3 многократно переполнялся импульсами генератора, поэтому после его остановки цифровой индикатор H1 будет высвечивать практически случайное число. Допустим, это число "2". Тогда испытуемый должен нажать кнопку с таким же номером (S2). Напряжение низкого уровня с вывода 8 дешифратора D4 через диод V7 и замкнутые контакты кнопки S2, через резистор R10 поступит на базу транзистора V5. Транзистор V5 откроется, откроется и транзистор V4. На вход RS-триггера D2.2D2.3 (вывод 4 микросхемы D2) поступит напряжение низкого уровня и переключит его в противоположное предыдущему состояние. При этом с выхода триггера (вывод 8 микросхемы D2) на вход второго счетчика поступит импульс, который увеличит состояние счетчика на единицу (одно очко). Если же испытуемый нажмет любую другую кнопку, кроме S2, состояние RS-триггера и второго счетчика не изменится. После этого цикл работы рефлексометра повторится. Импульсы с выхода элемента D1.3 поступают на вход третьего счетчика, который фиксирует общее число циклов. После прихода на счетчик девятого импульса RS-триггер D3.1D3.2 сигналами с выходов 1 и 8 двоичного счетчика D7 переключится в противоположное состояние, загорится лампа H4, сигнализирующая об окончании одной серии эксперимента. Индикатор H2 высветит число набранных очков, которое в лучшем случае может быть равно 9. Для начала новой серии циклов необходимо нажать кнопку S12 "Пуск".

Переменным резистором R3 можно изменять продолжительность свечения цифры, выдаваемой генератором случайных чисел (индикатор H1), и тем самым упрощать или усложнять условия реагирования для испытуемого.

Диоды V2 и V3 позволяют раздельно устанавливать длительность действия напряжений высокого и низкого уровней на выходе генератора. Транзистор V16 отключает индикатор H1 в моменты работы генератора D1.4D2.1 и тем самым исключает мигание цифр индикатора. Резисторы R6, R15, R17, конденсаторы C3, C4 обеспечивают необходимую помехоустойчивость микросхем рефлексометра.

В устройстве можно использовать следующие детали. Транзисторы V1, V4 — любые из серий КТ306, КТ312, КТ315; V5 — любой из серий КТ361, КТ203, КТ208; V16 — любой из серий П308, П309, КТ601, КТ604, КТ605; V18 — типов КТ603, КТ608, КТ3117, КТ815 с любыми буквами. Диоды V2, V3 — любые из серий Д9, Д311; V6 — V15 — Д7Б — Д7Ж, Д104А, Д105А, Д223А, Д223Б [эти диоды должны быть рассчитаны на высокое обратное (70 . . . 100 В) и малое прямое (0,5 . . . 1,5 В) напряжение]. Конденсатор C1 — типов К50-6, К50-3, К50-20; C2 — C4 — типов КМ-6, К10-7, КЛС. Переменный резистор R3 — типа СП-1, остальные — типа МЛТ-0,25. Кнопки S1 — S12 желательно применить герконового типа (с малым усилием нажа-

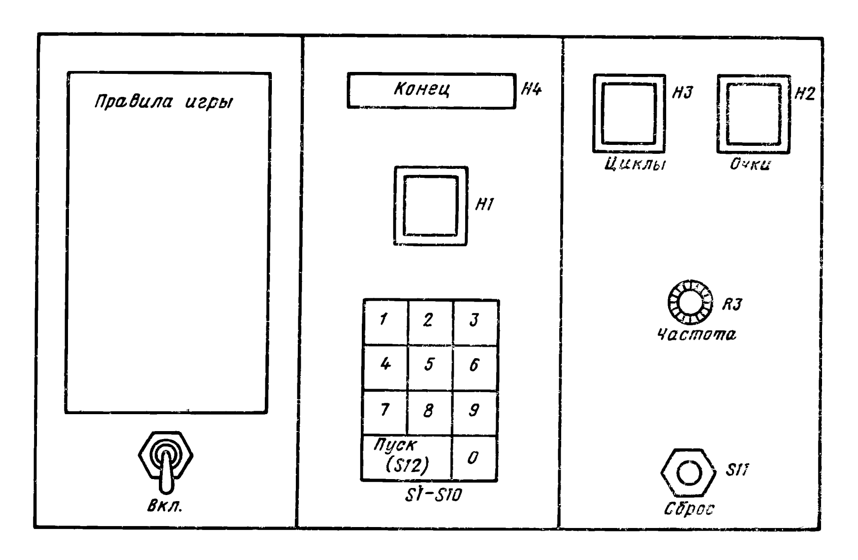


Рис. 33. Верхняя панель рефлексометра

тия), однако при их отсутствии возможно использовать кнопки и других типов. Цифровые газоразрядные индикаторы Н1 — Н3 — типов ИН-1, ИН-4, ИН-8, ИН-12, ИН-14, ИН-18. Лампа Н4 — КМ6-60 или НСМ6, 3-20.

Источник питания напряжением 5 В должен быть рассчитан на ток не менее 300 мА. Переменное напряжение для питания анодов цифровых индикаторов желательно подавать не непосредственно от сети, а снимать с одной из вторичных обмоток питающего трансформатора — это повысит и помехоустойчивость, и электробезопасность при работе с рефлексометром.

Монтаж элементов этого варианта рефлексометра выполнен на унифицированной печатной плате № 2 (см. рис.8, *б*), соединения сделаны одножильным изолированным проводом. На передней панели прибора (рис.32) расположены индикаторные лампы Н1 — Н3 с соответствующими надписями около них, а также лампа Н4, кнопки S1 — S12 и ручка переменного резистора R3.

Если рефлексометр собран из исправных деталей и без ошибок, то он начинает работать сразу. Следует лишь резисторами R11 — R14 установить необходимую яркость свечения индикаторных ламп Н1 — Н3.

Электронная викторина

Этот прибор поможет школьнику проверить свои знания в области радиоэлектроники.

На передней панели прибора в левой ее части написаны названия радиоэлементов, например, такие (в скобках указаны рекомендуемые типы радиодеталей, они на передней панели не приводятся) :

1. Резистор переменный (СП, ВК, ТК, ТКД).
2. Конденсатор электролитический (К50-3, К50-6, ЭГЦ).
3. Индикатор цифровой газоразрядный (ИН-1, ИН-8, ИН-14).
4. Тиратрон (МТХ-90, ТХ3Б, ТХ4Б).
5. Резистор проволочный (ПЭВ, ПТМН).

6. Светодиод (АЛ102, АЛ106, АЛ307, АЛ316).
7. Тринистор (КУ101, КУ201, КУ202).
8. Конденсатор керамический (КЛС, К10-7, КМ-6).
9. Диод выпрямительный силовой (Д242—Д246, КД213).
10. Динистор (КН102).
11. Реле электромагнитное (РЭС-6, РЭС-10, РЭС-15, МКУ-48).
12. Микросхема аналоговая (К122, К140, К153, К284).
13. Диод импульсный маломощный (КД509, КД514, Д310).
14. Микросхема цифровая (К133, К155, К172, К176, К564).
15. Стабилитрон полупроводниковый (Д814, Д815, КС133А).
16. Резистор углеродистый (МЛТ, МТ, ВС, БЛП, УЛИ).

С левой стороны каждой надписи расположены светодиоды.

В правой части передней панели нанесены рисунки радиоэлементов (или прикреплены "настоящие" радиоэлементы), около каждого из них находится кнопка. Есть на панели и кнопка "Сброс". После ее нажатия зажигается светодиод около самой верхней надписи. Экзаменуемый должен нажать кнопку рядом с изображением радиоэлемента, соответствующего его словесному описанию. Если элемент определен верно, то загорится светодиод у следующей надписи, если же нет — он будет продолжать светиться.

Рассмотрим работу устройства по его принципиальной схеме, приведенной на рис.34.

На микросхеме D1 выполнен генератор импульсов (частота следования их 5...10 кГц), на микросхеме D2 — двоичный счетчик и на микросхеме D3 — дешифратор состояний счетчика. После нажатия кнопки S1 "Сброс" на выводе 1 дешифратора устанавливается напряжение низкого уровня (на всех остальных выходах дешифратора — напряжение высокого уровня). Светящийся светодиод V1 указывает первый вопрос. Если теперь нажать кнопку S2, то напряжение низкого уровня с выхода дешифратора (вывод 1 микросхемы D3) поступит на логический элемент D1.3, на выходе которого установится напряжение высокого уровня. Оно запустит генератор, и

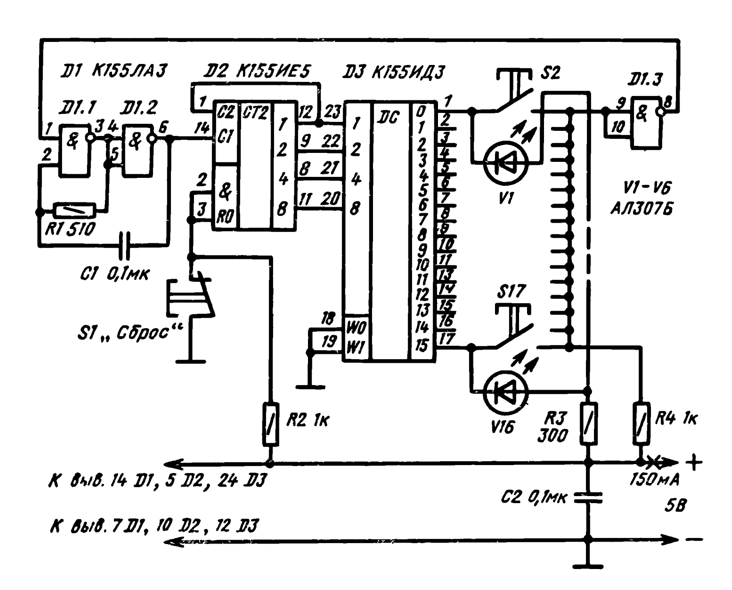


Рис. 34. Схема электронной викторины

на вход C1 счетчика D2 начнут поступать импульсы. После прихода первого импульса напряжение низкого уровня установится на следующем выходе дешифратора (вывод 2 микросхемы D3), а на его выводе 1 установится напряжение высокого уровня. Генератор остановится, выработав всего лишь один импульс (что и требовалось). Теперь свечение светодиода V2 будет указывать на очередной вопрос. Экзаменуемый должен нажать кнопку S2, и т. д. Очевидно, что переключение вопросов будет происходить только при нажатии кнопки, соединенной с единственным в данный момент выходом дешифратора, на котором есть напряжение низкого уровня.

Питаются элементы устройства от стабилизированного источника, обеспечивающего напряжение 5 В при токе не менее 150 мА.

В устройстве вместо микросхем серии К155 можно применить микросхемы серии К133. Светодиоды АЛ307Б (V1 – V16) можно заменить на АЛ102, АЛ310, АЛ316 с любыми буквами.

При изготовлении устройства учтите, что кнопки S2 – S17 должны быть расположены на передней панели случайным образом, чтобы нельзя было по их расположению определить порядок их нажатия.

Темпотестинг

Название этого прибора происходит от английских слов tempo, т. е. скорость, степень быстроты в исполнении какого-либо задания, и test, т. е. испытания, задания стандартной формы для тренировки умственных, физических и других способностей человека. Поэтому все название можно расшифровать как "устройство для тренировки в выполнении задания с заданной скоростью".

В данном устройстве испытуемый должен в определенной последовательности нажать на четыре кнопки, расположенные в углах квадрата, не делая ошибок и с возможно большей скоростью.

Рассмотрим работу темпотестинга по его принципиальной схеме, приведенной на рис.35. Его основу составляют четыре RS-триггера, каждый из которых собран на двух логических элементах 2И-НЕ. Вы помните, что RS-триггер может находиться в одном из двух устойчивых состояний, причем переход из одного состояния в другое происходит при подаче на один из входов (в RS-триггере два входа) напряжения низкого уровня, на другом входе в это время обязательно должно быть напряжение высокого уровня.

При нажатии на кнопку S5 "Сброс" на выходе логического элемента D2.4 (вывод 11) установится напряжение низкого уровня, которое будет подано на вход элемента D1.1 (вывод 1) и установит верхний (по схеме) триггер в нулевое состояние (напряжение низкого уровня на выводе 6 D1.2). Затем напряжение низкого уровня последовательно установится на выходах элементов D1.4, D2.2. При этом светодиоды V1 – V4 гореть не будут – можно начинать прохождение теста. Кнопки следует нажимать в такой последовательности: S4, S1, S2, S3, S5. При нажатии кнопки S4 состояние триггера, собранного на элементах D2.3 и D2.4, изменится на противоположное, на выходах элементов соответственно появятся напряжения низкого и высокого уровней и зажжется светодиод V4. Напряжение высокого уровня будет подано на вывод 1 элемента D1.1, что подготовит триггер к переключению при нажатии кнопки S1. Если же после кнопки S4 нажать кнопку не S1, а S2 или какую-либо другую, состояние соответствующего триггера не изменится, так как на выводе 9 элемента D1.3 напряжение низкого уровня. Если же кнопки нажимать точно в указанной последовательности, то триггеры будут последовательно переключаться, а светодиоды V1 – V4 – зажигаться. После нажатия кнопки S3 на выходе устройства появится импульс, который поступит на счетчик числа циклов. За определенный промежуток

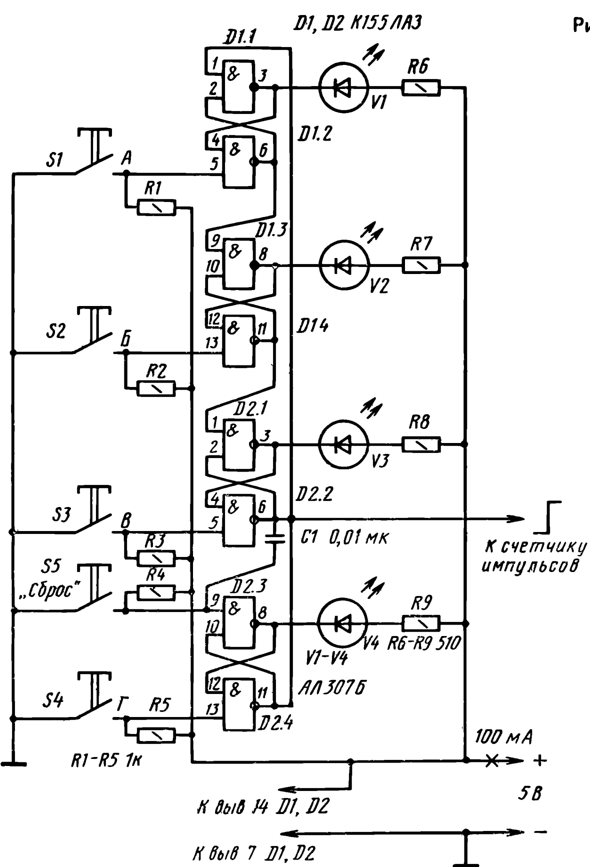


Рис. 35. Схема темпотестинга

времени (например, 1 мин) надо добиваться прохождения как можно большего числа циклов.

С помощью несложной приставки, выполненной по схеме на рис.36, можно устанавливать одну из трех последовательностей нажатия кнопок: S5 – S4 – S1 – S2 – S3, S5 – S4 – S2 – S3 – S1 или S5 – S4 – S3 – S1 – S2

После включения питания необходимо установить исходное состояние триггеров нажатием кнопки S5 "Сброс".

Аналогичное устройство можно собрать и с использованием в нем тринисторов (рис.37). При нажатии кнопки S1 открывается тринистор V1, загорается светодиод V5 и напряжение на левом (по схеме) контакте кнопки S2 изменяются от нуля до 18 . . . 19 В. Если затем нажать кнопку S2, то откроется тринистор V2, загорится светодиод V6, и т. д.

После нажатия кнопки S4 кратковременно сработает реле K1; оно выработает импульс на счетчик и выключит все тринисторы. Можно начинать новый цикл работы.

В темпотестинге можно использовать микросхемы серий К133, К134, К158; светодиоды типов АЛ102, АЛ307 с любыми буквами; тринисторы серии КУ101. Кнопки S1 – S5 – типов КМ1-1, П2К, но лучше использовать герконовые кнопки, у которых усилие нажатия гораздо меньше. Галетный переключатель S6 – типа ПГК-3П3Н.

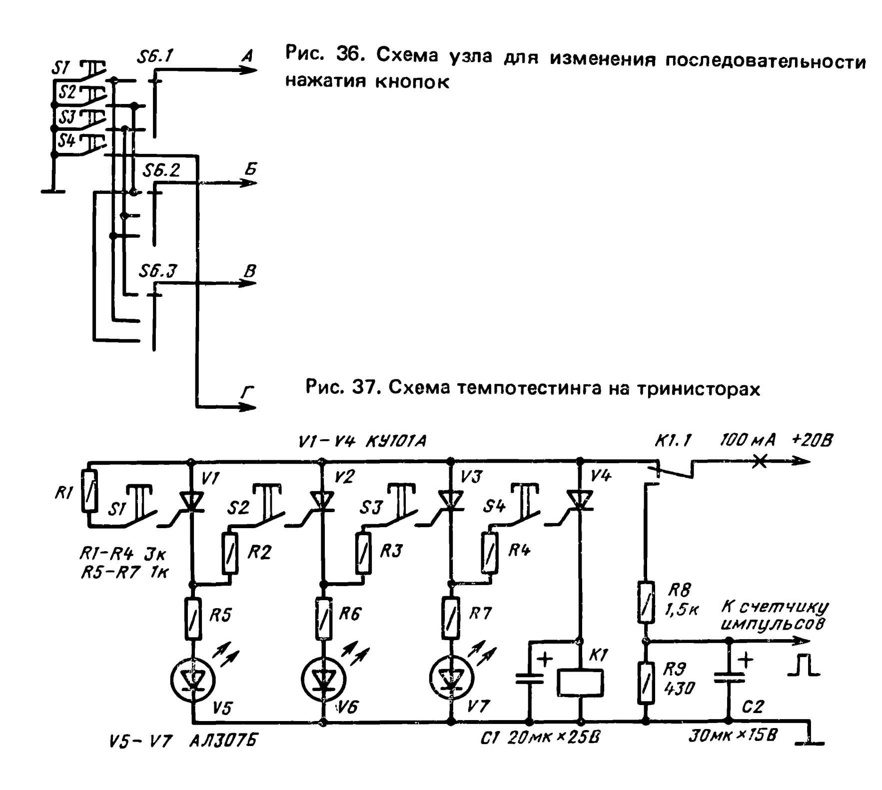


Рис. 36. Схема узла для изменения последовательности нажатия кнопок

Рис. 37. Схема темпотестинга на тринисторах

Конструкция прибора произвольная. Расстояние между кнопками S1 — S4 должно быть 5 . . . 8 см. Светодиоды можно расположить около кнопок таким образом, чтобы каждый из них, загораясь, указывал следующую кнопку, которую надо нажать (своего рода подсказка). Другими словами, рядом с кнопкой S2 должен находиться светодиод V1, рядом с кнопкой S3 — светодиод V2, и т. д. (для темпотестинга по схеме рис.35). Кнопку сброса S5 снабжать светодиодом нет необходимости, так как эту кнопку всегда нажимают первой.

Такой прибор можно использовать для развития подвижности пальцев после перенесенной травмы. На подобном принципе можно также построить тренажер для тренировки операторов клавишной вычислительной или пишущей машинки. Для этого надо расположить кнопки так же, как и на клавиатуре машинки, и с помощью несложных коммутаций задавать оператору различные упражнения. Можно ввести в устройство и электронный секундомер, который будет сигнализировать об окончании времени эксперимента.

Звуколидер

Те, кому приходилось заниматься велоспортом, знают, как много времени приходится тренироваться не на треке, а в закрытом помещении на специальном станке. Велосипед закреплен на одном месте, а вращаются только колеса. Валики, уложенные под ними, создают необходимое сопротивление, которое приходится преодолевать вращающему педали велосипедисту. Необходимую нагрузку можно задавать не только изменением сопротивления валиков, но и скоростью вращения педалей. Чем выше темп, тем труднее вращать колеса. В процессе тренировок спортсмен отра-

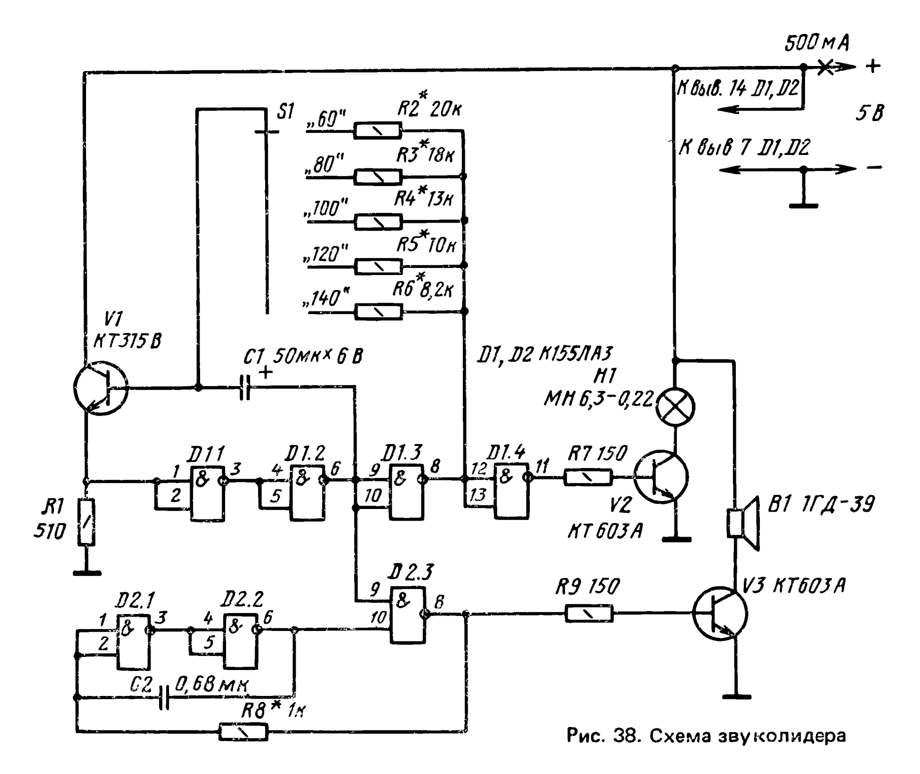


Рис. 38. Схема звуколидера

батывает различные скорости вращения педалей, постепенно наращивая темп. При этом у велосипедиста должно формироваться и чувство скорости, т. е. он должен знать, с какой скоростью крутит педали, и тогда он сможет правильно выбрать темп, рассчитать свои силы на длинной дистанции.

Описываемое здесь устройство (рис.38), названное звуколидером, предназначено для отработки нужного темпа движения велосипеда. Требуемая частота вращения педалей велосипедиста задается с помощью звукового или светового сигнала.

Устройство состоит из двух генераторов электрических импульсов. Первый из них, собранный на элементах D1.1 – D1.3 микросхемы D1, генерирует тактовые импульсы с частотой следования 60, 80, 100, 120 или 140 в минуту. С такой же частотой вспыхивает сигнальная лампа накаливания H1, подключенная к выходу генератора через электронный ключ на транзисторе V2. Транзистор V1 предназначен для повышения входного сопротивления логического элемента D1.1, что позволяет использовать во времязадающей цепи генератора конденсатор C1 сравнительно небольшой емкости.

Второй генератор, собранный на элементах D2.1 – D2.3 микросхемы D2, вырабатывает колебания звуковой частоты, которые усиливаются транзистором V3 и преобразуются в звук динамической головкой B1. Но его работой управляет первый генератор, поэтому звуковой сигнал раздается в такт с миганием лампы H1.

Частота звуковых и световых сигналов зависит от положения подвижного контакта переключателя S1.

В звуколидере можно использовать: транзистор V1 – любой из серий КТ306, КТ312, КТ315; транзисторы V2 и V3 – любые из серий КТ603, КТ801, КТ3117. Микросхемы D1 и D2 могут быть также серий К133, К134, К136, К158. Конденсатор

С1 — типов К50-3 или К50-12; С2 — КМ-6, МБМ, К10-7. Все резисторы — типа МЛТ-0,25. Переключатель S1 — галетного типа ПГК, ПГ-2 или ПГ-3 на пять положений. Источник питания прибора должен быть рассчитан на напряжение 5В и потребляемый ток не менее 0,5А.

Налаживание устройства сводится к установке требуемых частот первого генератора подбором резисторов R2 — R6 и желаемого тона звукового сигнала подбором резистора R8.

Чтобы можно было объективно оценивать, в такт ли с импульсами прибора спортсмен вращает педали велосипеда, в устройство можно ввести обратную связь. Например, параллельно лампе Н1 включить электромагнитное реле (РЭС-10, паспорт РС4. 524.304), а на раме велосипеда укрепить контакт, замыкающийся при зацеплении с ним педали. Нормально замкнутые контакты реле включают последовательно с этим контактом и одновременно с источником питания и светодиодом. При синхронном вращении светодиод будет вспыхивать. Если длительность вспышки будет недостаточной, устройство можно будет дополнить ждущим мультивибратором.

Эти усовершенствования расширят возможности звуколидера, сделают его надежным помощником велосипедиста.

Тремометр

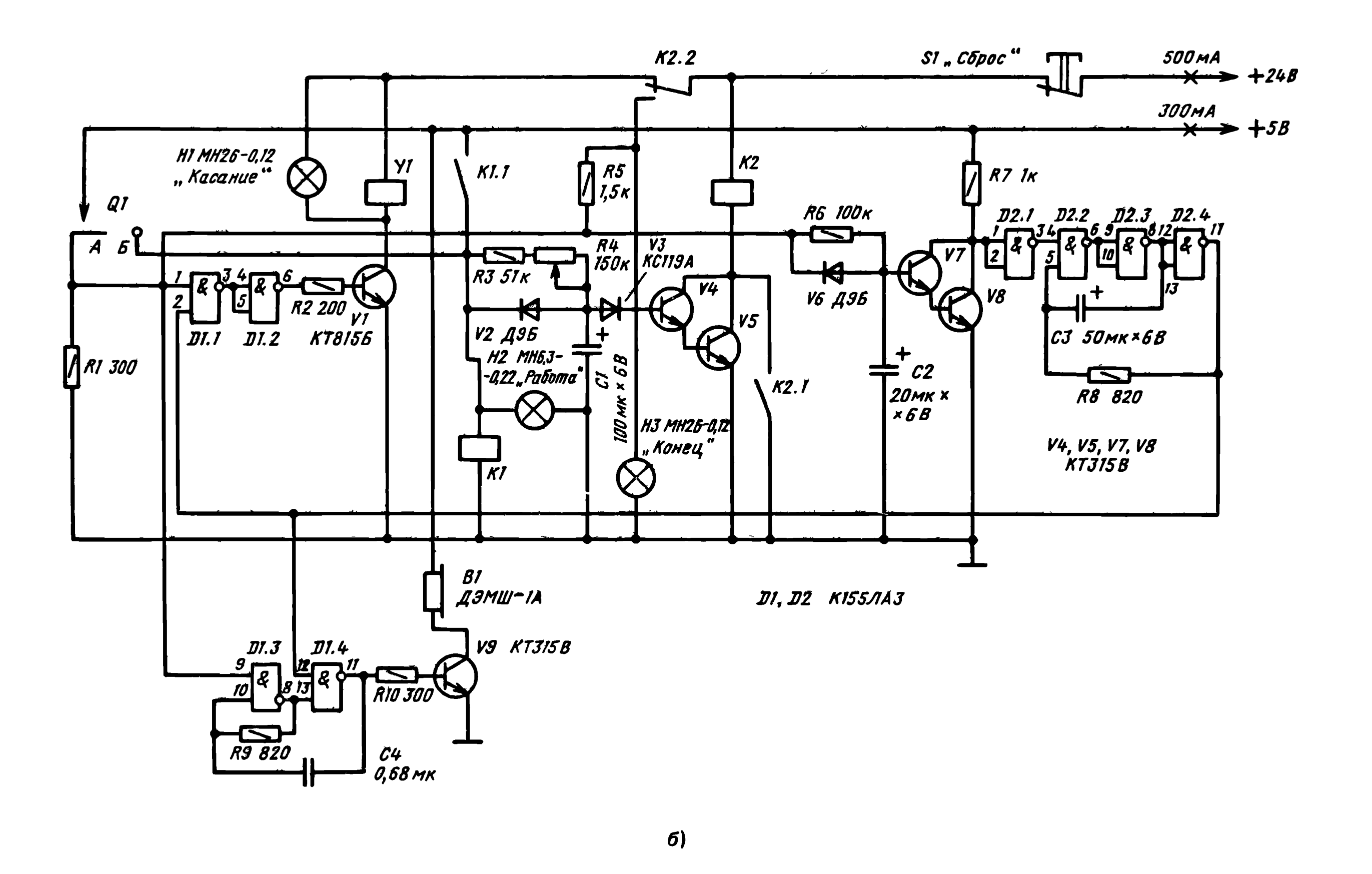
Название прибора происходит от латинского слова tremor, т. е. дрожание. Тремор — это непроизвольные колебательные движения всего тела или отдельных его частей. Чаще всего они охватывают пальцы рук, веки, язык, нижнюю челюсть, голову. У здоровых людей тремор может возникать вследствие мышечного напряжения, эмоционального возбуждения, действия холода.

Предлагаемый прибор позволяет количественно оценивать тремор пальцев рук и тренировать пальцы. Для этого испытуемый должен специальным щупом совершать движение вдоль прорезей определенной формы (рис.39, *а*), не касаясь их краев.

Рассмотрим работу тремометра, руководствуясь его принципиальной схемой (рис.39, *б*). После подачи питания необходимо дотронуться щупом Q1 до контакта Б. При этом срабатывает реле К1 и контактами К1.1 самоблокируется, загорается лампа, подсвечивающая табло "Работа". Одновременно через резисторы R3 и R4 начнется зарядка конденсатора С1 — пойдет отсчет времени, отведенного на один цикл. Теперь можно начать выполнение требуемого задания. Вначале щуп поочередно помещают в отверстия, затем проводят слева направо вдоль сужающейся щели, далее — вдоль прямоугольного выреза, и т. д. При этом надо стараться не касаться краев отверстий.

Пластина с прорезями выполнена из металла (на схеме обозначена А), поэтому при касании ее щупом Q1 замыкается электрическая цепь. При этом на вывод 1 логического элемента D1.1 подается напряжение высокого уровня, транзистор V1 отк-

Рис. 39. Тремометр:
а — расположение прорезей; *б* — принципиальная схема


K2.2
S1 „Сброс"
500мА
+24В
300мА
+5В
H1 МН26-0,12
„Касание"
Y1
K1.1
R5
1,5к
K2
R7 1к
Q1
A Б
R6 100к
R4
150к
V3
КС119А
D2.1
D2.2
D2.3
D2.4
V7
R3 51к
V4
V8
R2 200
V1
КТ815Б
D1.1
D1.2
V6 Д9Б
V5
V2 Д9Б
C3 50мк×6В
H2 МН6,3-
-0,22 „Работа"
C1
100мк×6В
C2
20мк×
×6В
R8 820
R1 300
K2.1
H3 МН26-0,12
„Конец"
V4, V5, V7, V8
КТ315В
K1
B1
ДЭМШ-1А
D1, D2 К155ЛА3
D1.3
D1.4
V9 КТ315В
R10 300
R9 820
C4
0,68мк

б)

рывается, срабатывает электромагнитный счетчик импульсов Y1 и загорается лампа H1, подсвечивающая табло "Касание". Одновременно напряжение высокого уровня, поданное на вывод 9 логического элемента D1.3, запускает генератор, выполненный на логических элементах D1.3, D1.4 и транзисторе V9. В телефонном капсюле B1 раздается звуковой сигнал частотой 300 . . . 400 Гц, означающий касание. При каждом касании показание счетчика увеличивается на единицу. Но ведь можно умышленно прижать щуп к одному из краев прорези и таким образом проделать весь путь, совершив лишь одно касание. В приборе предусмотрено "наказание" за такие неправильные действия. Как только замкнутся контакты Q1 и A, напряжение +5 В окажется приложенным к левому (по схеме) выводу резистора R6 и через него начнет заряжаться конденсатор C2. Через 1. . . 1,5 с откроются транзисторы V7 и V8, на входы логического элемента D2.1 будет подано напряжение низкого уровня, а на вывод 4 логического элемента D2.2 — напряжение высокого уровня. Начнет работать генератор, собранный на логических элементах D2.2 – D2.4. Импульсы с выхода генератора (их частота равна 10 . . . 15 Гц) поступят на вывод 2 логического элемента D1.1 и вывод 12 логического элемента D1.4. Счетчик будет срабатывать с частотой 10 . . . 15 Гц, накапливая штрафные очки, а телефон будет издавать прерывистые звуковые сигналы.

Через 15 . . . 20 с после начала выполнения задания конденсатор C1 зарядится до напряжения, достаточного для открывания составного транзистора V4V5. Сработает электромагнитное реле K2 и контактами K2.1 самоблокируется. Контактами K2.2 оно включит лампу H3, подсвечивающую транспарант "Конец", а также снимет питание с лампы H1 и счетчика Y1. Зазвучит прерывистый звуковой сигнал, извещающий об истечении отведенного времени.

Для установки устройства в исходное состояние необходимо нажать кнопку S1 "Сброс". Диоды V2 и V6 нужны для быстрой разрядки конденсаторов C1 и C2 после снятия с катодов диодов положительного напряжения.

Теперь о деталях тремометра. Вместо микросхемы К155ЛА3 можно применить аналогичные микросхемы серий К133, К134, К136, К158. Транзисторы V4, V5, V7, V8, V9 могут быть из серий КТ312, КТ315, КТ603, КТ608, КТ3117 с любыми буквами; V1 — любой из серий КТ815, КТ3117, КТ801. Диоды V2 и V6 — любые из серий Д9, Д311, КД503, КД509. Стабистор КС119А (V3) можно заменить на КС113А, а также применить взамен два-три последовательно соединенных диода КД503, КД509, Д220 с любыми буквами. Конденсаторы C1 — C3 — типов К50-6, К50-12, К50-20; C4 — типов КМ-6а, К10-17, К10-23. Резистор R4 — переменный типа СП-1, остальные резисторы — МЛТ-0,25. Звуковой излучатель ДЭМШ-1А (B1) можно заменить телефонным капсюлем любого типа сопротивлением 60 . . . 200 Ом. Реле K1 — РЭС-10 (паспорт РС4.524. 304 или РС4.524.315), или РЭС-15 (паспорт РС4.591. 002 или РС4.591.005). Электромеханический счетчик Y1 — типа СИ206 или СИ100. Кнопка S1 — любого типа с контактами на размыкание.

Для питания тремометра потребуются источник постоянного стабилизированного напряжения 5 В при токе не менее 300 мА и источник постоянного нестабилизированного напряжения 24 В при токе не менее 500 мА.

Переднюю панель прибора, в которой сделаны прорези, желательно выполнить из нержавеющей стали толщиной 1 . . . 1,5 мм. Щуп Q1 можно сделать из вязальной спицы диаметром 1 . . . 1,5 мм и длиной 150 . . . 200 мм.

Переменным резистором R4 можно устанавливать различное время выполнения заданий.

Для расширения возможностей тремометра можно рекомендовать замену электромеханического счетчика Y1 счетчиком на цифровых микросхемах, изменение тона звукового сигнала по окончании отведенного времени. Эти усовершенствования мы предлагаем осуществить самостоятельно.

Сторожевое устройство

Его можно применять, например, для защиты пришкольного участка от домашних животных, для ограждения опасных объектов, а также в игре "Зарница" для сигнализации о передвижении неприятеля.

Схема такого устройства показана на рис.40. Объект, нуждающийся в охране, окружают по периметру медным обмоточным проводом диаметром 0,1 . . . 0,3 мм. Этот охранный шлейф может быть прикреплен к забору или к вбитым в землю колышкам. Концы шлейфа подключают к электронному автомату через разъем X1. Пока шлейф невредим, через его небольшое сопротивление база транзистора V1 соединена с эмиттером. В это время транзистор и тринистор V2 закрыты, потребляемый устройством ток (около 100 мкА) определяется в основном сопротивлением резистора R1 и начальным током коллектора транзистора. При обрыве шлейфа на базу транзистора через резистор R1 подается отрицательное напряжение смещения, которое открывает транзистор. Через открывшийся транзистор и резистор R3 поступает положительное напряжение на управляющий электрод тринистора V2. Тринистор при этом открывается, срабатывает электромагнитное реле K1 и своими контактами (на схеме не показаны) включает звуковой сигнализатор, например электрический звонок. После устранения обрыва провода автомат устанавливают в исходное состояние (дежурный режим) кратковременным выключением питания (S1).

В устройстве можно применить транзистор из серий МП39 — МП42 со статическим коэффициентом передачи тока не менее 50. Тринистор может быть любым из серии КУ101. Электромагнитное реле K1 — типа РЭС-10 (паспорт РС4.524.304); батарея питания — 3336Л.

Налаживание устройства сводится к подбору резистора R1. Его сопротивление должно быть таким, чтобы при отключении шлейфа транзистор V1 полностью открывался (напряжение между эмиттером и коллектором не более 0,5 В) и срабатывало реле, а при подключенном шлейфе транзистор был бы надежно закрыт. Сопротивление резистора зависит от статического коэффициента передачи тока используемого транзистора и сопротивления провода шлейфа: чем они больше, тем больше может быть сопротивление резистора R1 и, следовательно, выше экономичность устройства.

На рис.41, *а* приведена схема варианта сторожевого устройства, которое обладает еще большей экономичностью: потребляемый в дежурном режиме ток не превышает 10 мкА, т. е. срок службы батареи питания определяется в основном ее саморазрядом. Это оказалось возможным благодаря применению высокоэкономичной микросхемы серии К176.

Работа этого сторожевого устройства, как и предыдущего, основана на выдаче тревожного сигнала при обрыве провода, которым окружают нуждающийся в охране объект. Этот охранный шлейф через двухконтактный разъем X1 включен между общим проводом питания и одним из входов логического элемента D1.1. Вместе с логическим элементом D1.2, резистором R2 и конденсатором C1 он образует генератор импульсов с частотой 2 . . . 3 Гц, а на элементах D1.3, D1.4, R3 и C2 собран

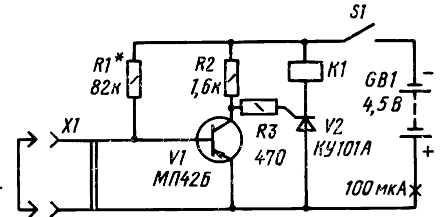


Рис. 40. Схема сторожевого устройства

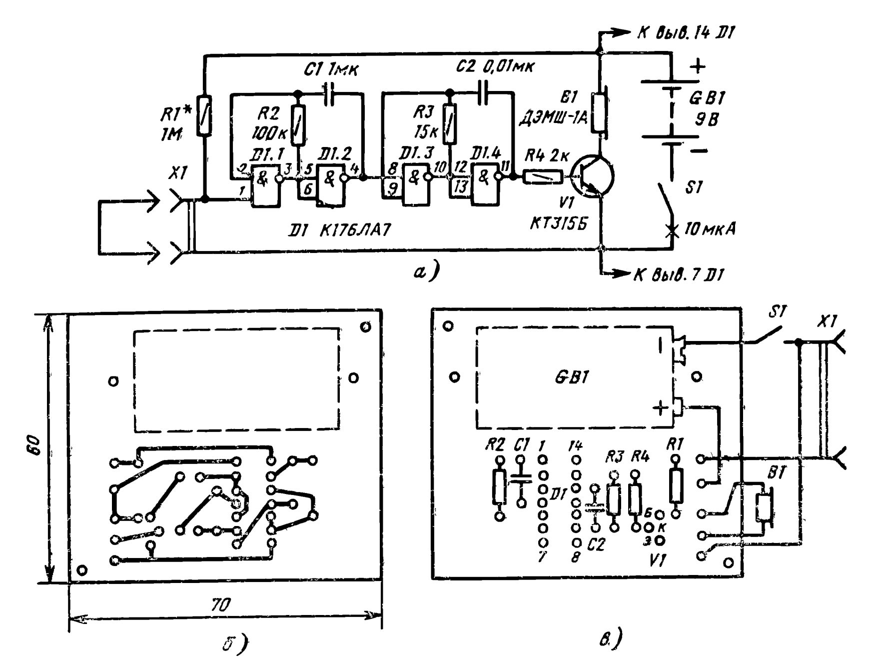


Рис. 41. Сторожевое устройство (вариант II) :
а — принципиальная схема; *б* — расположение печатных проводников; *в* — расположение деталей на плате

генератор импульсов звуковой частоты (около 800 Гц). Транзистор V1 выполняет роль усилителя мощности.

Пока шлейф невредим, генераторы не работают, так как на выводе 1 микросхемы напряжение низкого уровня. При обрыве охранного шлейфа начинают работать оба генератора и в телефоне B1 слышны прерывистые звуковые сигналы. В этом режиме устройство потребляет от батареи ток около 5 мА.

Транзистор V1 может быть любым из серий КТ312, КТ315, КТ317. Конденсаторы С1, С2 — типа КМ-6 или К10-23. Резисторы — МЛТ-0,25. В качестве звукового излучателя B1 применен микрофонный капсюль ДЭМШ-1А с сопротивлением обмотки 180 Ом. Можно использовать и другие звуковые излучатели, имеющие достаточную громкость и сопротивление не менее 100 Ом. Выключатель питания S1 — типа "тумблер" (ТП1-2, МТ1-1 и др.). Батарея GB1 — "Крона-ВЦ" или "Корунд".

Все детали сторожевого устройства, кроме выключателя S1 и звукового излучателя B1, смонтированы на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита (рис.41, *б, в*). Батарея GB1 укреплена с помощью хомутика из жести. Плату можно поместить в любой корпус, например в обыкновенную пластмассовую мыльницу.

Если устройство собрано из исправных деталей и в монтаже нет ошибок, то оно начнет работать сразу. Однако может оказаться, что при обрыве провода звуковой сигнал не подается. Это может быть в том случае, если длина провода шлейфа велика и он плохо изолирован от различных токопроводящих предметов (влажного дерева, земли и пр.). При этом следует уменьшить сопротивление резистора R1; однако необходимо помнить, что чем меньше сопротивление этого резистора, тем хуже экономичность устройства.

Портативное цифровое табло

Такое табло (рис.42) можно использовать для индикации счета на футбольных, волейбольных и других состязаниях. Основой устройства служит генератор, собранный на транзисторах V1 и V2. При работе генератора постоянное напряжение батареи GB1 преобразуется в относительно высокое переменное напряжение, которое выпрямляется диодным мостом V3. Пульсации выпрямленного напряжения сглаживаются конденсатором C2. Цифры, которые надо зажечь в индикаторах H1 – H4 табло, устанавливают переключателями S2.

Конденсаторы устройства – типа МБМ, КЛС (C1) и К50-3 или К50-12 (C2), резисторы – типа МЛТ-0,25. Транзисторы МП25 (V1, V2) можно заменить на МП26, МП42 с любыми буквами. Переключатели S2 табло – любые галетного типа. Трансформатор T1 намотан на кольцевом магнитопроводе типоразмера К20 X 10 X 6 из феррита М2000НМ1. Обмотка I содержит 40 + 40 витков провода ПЭВ-2 0,12, обмотка II – 120 + 120 витков ПЭВ-2 0,18, обмотка III – 3000 витков провода ПЭВ-2 0,06.

Конструкция табло произвольная. Налаживание сводится к подбору резисторов R3 по требуемой яркости свечения индикаторов (анодный ток одной лампы должен составлять 1 . . . 2 мА). Ток, потребляемый устройством от источника питания GB1 (две батареи 3336Л, соединенные последовательно), не превышает 100 мА.

Три реле выдержки времени

Реле выдержки времени применяют для включения на какой-то вполне определенный промежуток времени нагрузки, например лампы фотоувеличителя, модели на выставке работ юных техников.

Простое реле времени, рассчитанное на включение нагрузки на несколько десятков секунд, можно собрать по схеме рис.43.

В реле времени использован однопереходный транзистор V5. Что он представляет собой?

Однопереходный транзистор (сокращенно – ОПТ) имеет три вывода: две базы и один эмиттер. Вывод, соединенный с реле K2, называют выводом первой базы, а вывод, соединенный с резистором R5 – выводом второй базы. Эмиттер и база Б1 образуют единственный в транзисторе p-n переход, отсюда и название прибора.

Участок между базами образован кремниевой пластиной *n*-типа и имеет линейную вольт-амперную характеристику, т. е. ток через этот участок прямо пропорционален приложенному межбазовому напряжению. При отсутствии напряжения на эмиттере (измеренного относительно базы Б1) p-n переход находится в закрытом состоянии. При подаче определенного положительного напряжения на эмиттер переход включается в прямом направлении. Напряжение эмиттера, соответствующее этому случаю, называют напряжением включения. Сопротивление p-n перехода при включении уменьшается в сотни раз, а ток становится достаточным для включения, например, в нашем случае электромагнитного реле K2. При уменьшении эмиттерного напряжения переход вновь переходит в закрытое состояние. Процесс переключения ОПТ носит лавинообразный характер (т. е. сопротивление p-n перехода изменяется скачком), что и позволяет широко использовать ОПТ в различных устройствах.

Итак, познакомившись с принципом работы однопереходного транзистора, рассмотрим работу реле времени (см. рис.43). В исходном состоянии все элементы устройства, кроме элементов генератора и выпрямителя, обесточены. Напряжение сети выпрямляется однополупериодным выпрямителем (диод V1), стабилизируется параметрическим стабилизатором напряжения (R1V2V3V4), пульсации сглаживаются конденсатором C1. Генератор, собранный на однопереходном транзисторе V7, вырабатывает колебания звуковой частоты, которые излучаются капсюлем B1.

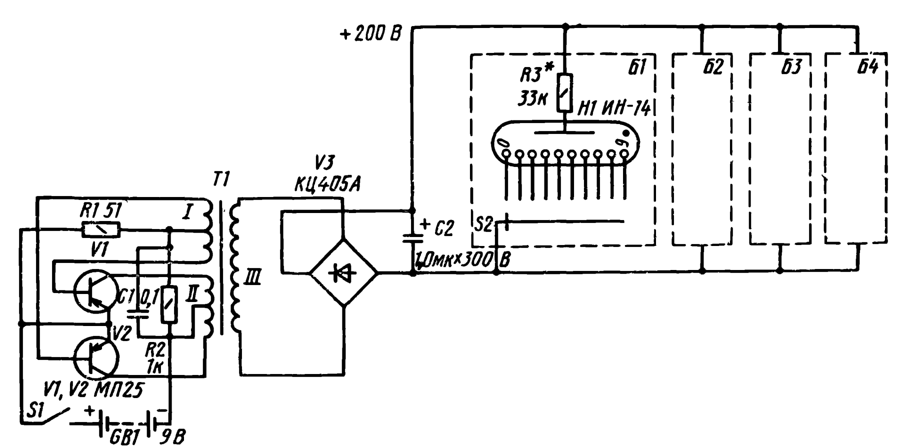


Рис. 42. Схема портативного цифрового табло

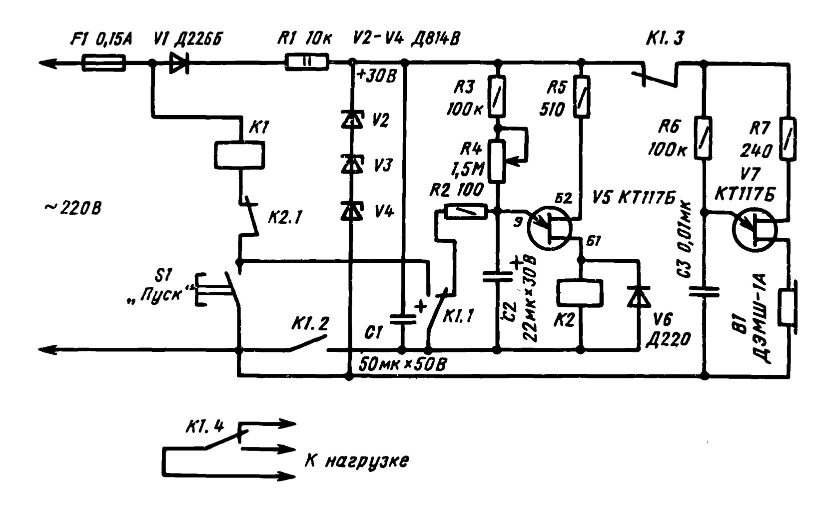


Рис. 43. Схема реле времени на однопереходном транзисторе

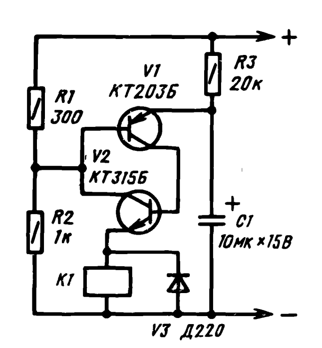


Рис. 44. Схема аналога однопереходного транзистора

При нажатии на кнопку S1 "Пуск" срабатывает электромагнитное реле К1. Контактами К1.1 оно самоблокируется и размыкает конденсатор С2; контактами К1.2 подает напряжение на элементы устройства; контактами К1.3 отключает узел подачи звукового сигнала. Через резисторы R3 и R4 начинается зарядка конденсатора С2. Через некоторое время (определяемое значениями R3, R4 и С2) переход транзистора V5 откроется и конденсатор С2 разрядится на обмотку реле К2 — оно кратковременно сработает. Контактами К2.1 реле разорвет цепь питания реле К1, и устройство примет первоначальное состояние.

Однопереходные транзисторы могут быть типов КТ117А, КТ117Б. При отсутствии однопереходного транзистора его можно заменить комбинацией из двух биполярных транзисторов (рис.44). Реле К1 (в схеме рис.43) применено типа МКУ-48 (паспорт РА4.509. 145); реле К2 — типа РЭС-15 (паспорт РС4.591. 004) или РЭС-10 (паспорт РС4.524.302). Конденсатор С2 желательно применить с малым током утечки (типов К53-1, К53-4, К53-14). Звуковой излучатель В1 — микрофонный капсюль ДЭМШ-1А или любой другой телефон с обмоткой сопротивлением 10 . . . 200 Ом. Выбор остальных деталей не вызовет затруднений.

Заканчивая разговор о первом варианте реле времени, заметим, что на выдержках времени более 1 мин стабильность выдержки уменьшается.

Действие второго варианта реле времени, схема которого приведена на рис. 45, основано на заполнении двоичного счетчика импульса, следующими с периодом 1 с или 1 мин. После того как на вход счетчика поступит определенное число импульсов, появляется сигнал на выходе узла совпадения и срабатывает исполнительное реле.

Прибор имеет два поддиапазона выдержек времени. В первом поддиапазоне длительность выдержки можно устанавливать в пределах 1 . . . 63 с с интервалом в 1 с, во втором — в пределах 1 . . . 63 мин с интервалом в 1 мин. Установка того или иного поддиапазона осуществляется переключателем S2.

С обмотки III трансформатора Т1 напряжение сети, пониженное до 7 В, через двухполупериодный выпрямитель на диодах V5 — V8 и резистор R2 поступает на формирователь импульсов, выполненный на логических элементах D1.1 и D1.2. С выхода элемента D1.2 прямоугольные импульсы частотой 100 Гц подаются на два последовательно соединенных десятичных счетчика D3 и D4. В результате на выходе микросхемы D4 (вывод 5) импульсы следуют с периодом 1 с. Они поступают на вход & С десятичного счетчика D5, а от него — на микросхему D6, которая делит частоту поступающих импульсов на шесть (микросхемы D3 — D6 работают в режиме счета импульсов лишь в том случае, если на их входах & R0 напряжение низкого уровня). На выходе микросхемы D6 (вывод 8) импульсы следуют с периодом 1 мин.

С подвижного контакта переключателя S2 импульсы поступают на входы логического элемента D1.3, а с его выхода — на вход шестиразрядного триггерного счетчика, выполненного на микросхемах D7 — D9. Каждая из этих микросхем (К155ТМ2) содержит по два D-триггера.

Напомним, как работает D-триггер. При подаче на вход R или S напряжение низкого уровня на прямом выходе триггера (вывод 5 или 9) появляется напряжение низкого или высокого уровня — в зависимости от того, какой именно вход был соединен с общим проводом. Вход D — информационный. Если на него подано напряжение низкого уровня, то положительный перепад напряжения на синхронизирующем входе С вызовет появление напряжения низкого уровня на прямом выходе триггера, и наоборот. Иными словами, состояние триггера после поступления синхронизирующего импульса на вход С определяется уровнем напряжения на входе D перед поступлением синхроимпульса. Если вход D соединить с инверсным выходом, то состояние триггера будет изменяться на противоположное после прихода

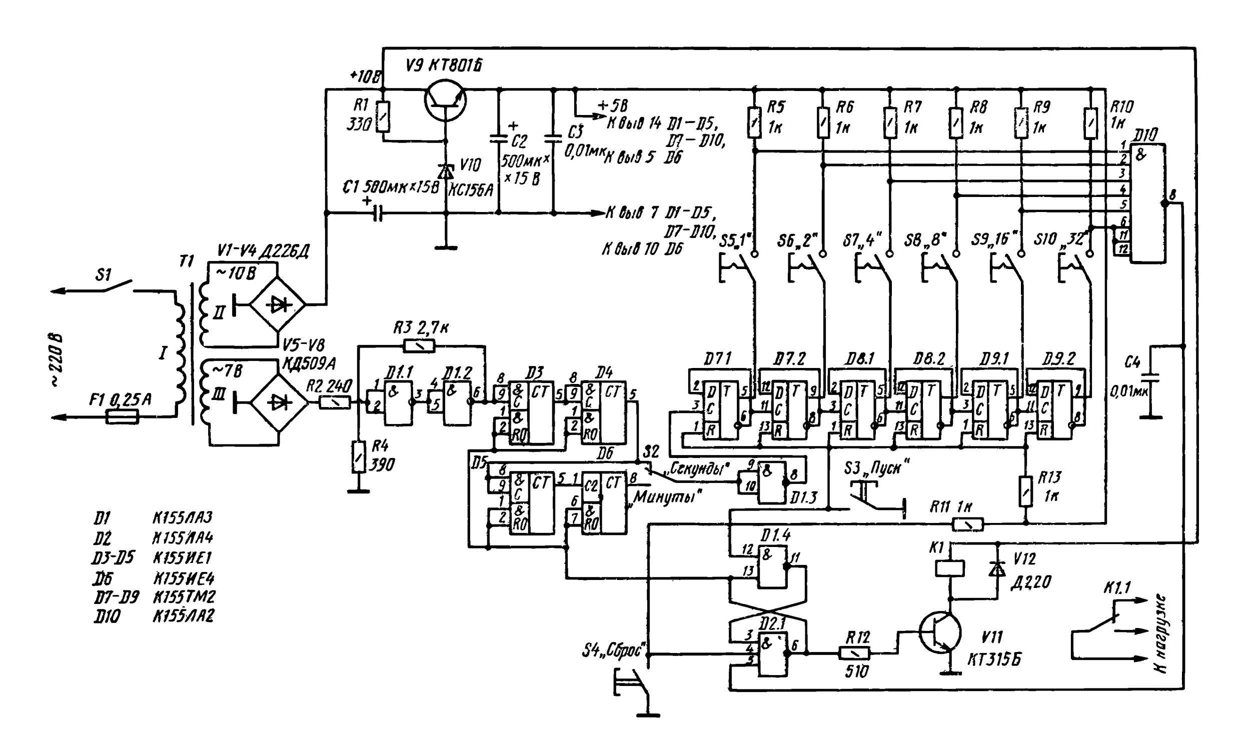


Рис. 45. Схема цифрового реле времени

каждого очередного импульса на вход С. Триггер в этом случае работает в счетном режиме (делит частоту входных импульсов на 2). Именно так и работают в этом реле выдержки времени все шесть D-триггеров микросхем D7 – D9.

Прямые выходы триггеров через замыкающиеся контакты кнопок S5 – S10 соединяются со входами микросхемы D10. Когда триггерный счетчик достигнет определенного состояния, заданного кнопками S5 – S10, на выходе микросхемы D10 появится напряжение низкого уровня. При этом триггер на элементах D1.4 и D2.1 изменит свое состояние, сработает электромагнитное реле K1, которое контактами K1.1 включит (или отключит) цепь питания нагрузки.

Пользоваться этим реле выдержки времени несложно. После включения питания нажимают кнопку S4 "Сброс". При этом на выходе элемента D2.1 установится напряжение высокого уровня, а на выходе D1.4 – низкого уровня. На входах &R0 микросхем D3 – D6 будет напряжение высокого уровня, и на выходах этих микросхем импульсы отсутствуют. Реле K1 при этом сработает. После этого тумблером S2 устанавливают поддиапазон выдержек – "Секунды" или "Минуты", а кнопками S5 – S10 – нужную длительность выдержки. Например, при нажатии кнопок S5, S7, S8 и установке тумблера S2 в положение "Секунды" выдержка времени составит 1 + 4 + 8 = 13 с.

Затем нажимают кнопку S3 "Пуск". При этом триггер на элементах D1.4 и D2.1 переключится, триггерный счетчик D7 – D9 установится в нулевое состояние и на вход счетчика начнут поступать импульсы. Через 13 с сработает реле K1 и его контакты K1.1 скоммутируют цепь нагрузки.

Микросхемы серии К155 можно заменить на аналогичные им микросхемы К133. Вместо транзистора КТ801Б (V9) подойдет П701, КТ807 или КТ603, а вместо КТ315Б (V11) – КТ312, КТ315, КТ603, КТ608, КТ3117 с любым буквенным индексом. Диоды V1 – V4 должны быть рассчитаны на средний выпрямленный ток не менее 100 мА, остальные диоды могут быть любых типов. Конденсаторы C1 и C2 – К50-6 или К50-3; C3, C4 – типов К10-7, КМ-6, КЛС. Резисторы – МЛТ-0,25; реле K1 – типа РЭС-22 (паспорт РФ4.500.129). Переключатели S1 и S2 – типов ТВ2-1-2 или ТП1-2, S5 – S10 – П2К с фиксацией.

Сетевой трансформатор T1 намотан на магнитопроводе ШЛ16 X 25. Обмотка I содержит 2400 витков провода ПЭВ-2 0,1, обмотка II – 120 витков провода ПЭВ-2 0,37, обмотка III – 85 витков провода ПЭВ-2 0,15.

Автомат смонтирован в пластмассовом корпусе размерами 250Х210Х90 мм (использован корпус от неисправного ампервольтомметра АВО-5М, рис. 46). Верхняя съемная крышка изготовлена из винипласта толщиной 3 мм. Надписи выполнены на бумаге и закрыты сверху пластинами прозрачного органического стекла. На боковой стенке находится разъем, к которому подведены провода, идущие от контактов K1.1 реле K1.

Бо́льшая часть деталей смонтирована на плате № 2 (см рис. 8, *б*). Монтаж – проволочный. Транзистор V9 установлен на дюралюминиевом уголке 20Х20 мм, служащим-радиатором.

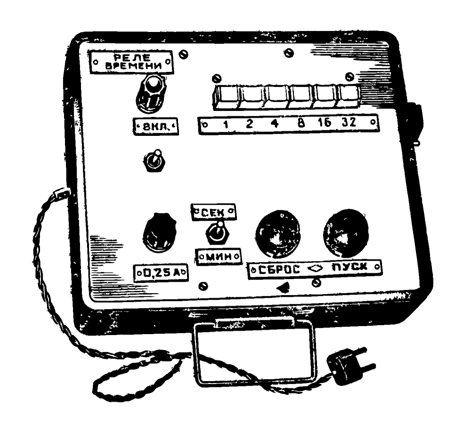


Рис. 46. Внешний вид цифрового реле времени

Чтобы исключить возможные сбои из-за помех, не следует объединять в один жгут провода, идущие к микросхемам, с проводами, несущими переменный или пульсирующий ток (от сетевого трансформатора Т1 и диодов V1 — V8).

Правильно собранное из заведомо исправных деталей реле времени не требует налаживания. Оценить его точность можно путем сравнения длительностей выдержек с показаниями электронных часов. В одном из испытанных экземпляров устройства максимальное отклонение выдержки на пределе 30 мин составило не более 20 с, что соответствует точности 1 %.

Для уменьшения обгорания контактов реле контакты К1.1 образованы четырьмя параллельно соединенными группами контактов, имеющимися в реле. Желательно также параллельно контактам подключать искрогасящие цепочки (последовательно соединенные резистор сопротивлением 100 . . . 200 Ом, мощностью 2 Вт и конденсатор емкостью 0,25 . . . 0,5 мкФ на номинальное напряжение 300 В).

Такой вариант реле выдержки времени можно применять при выполнении фоторабот, для включения и запрограммированного выключения различных бытовых приборов (например, электроплитки). Если увеличить диапазоны выдержек включением в счетчик импульсов дополнительных триггеров и ввести звуковую сигнализацию, то реле времени можно будет использовать и как электронный будильник.

Схема третьего варианта реле времени представлена на рис. 47. Действие этого устройства, как и второго варианта реле времени, основано на заполнении двоичных счетчиков импульсами, следующими с периодом в 1 с, 10 с, 1 мин или 10 мин. Реле времени обеспечивает выдержку времени от 1 с до 990 мин в четырех поддиапазонах (1...99 с с интервалом в 1 с; 10 . . . 990 с с интервалом в 10 с; 1 . . . 99 мин с интервалом в 1 мин; 10 . . . 990 мин с интервалом в 10 мин). Отличительной особенностью такого реле времени является малый ток потребления (в режиме выдержки времени он составляет около 1 мА), что позволило питать реле времени от гальванической батареи и потому использовать его в тех местах, где нет электросети. Реле времени может включать и выключать бытовые электроприборы мощностью до 1000 Вт, а также выдает звуковой сигнал.

В реле времени использован кварцевый резонатор, что обеспечивает высокую стабильность временны́х интервалов (не хуже 0,01 %). Все вышеперечисленные факторы позволяют широко использовать это устройство в быту, в радиокружке, в школе.

Устройство выполнено на пяти микросхемах серии К176. Эта серия по сравнению с серией К155 обладает не только тем преимуществом, что микросхемы ее потребляют малую мощность, но и тем, что они имеют и более высокую степень интеграции.

Микросхема К176ИЕ12 (D1), разработанная для использования в электронных часах, имеет очень широкие функциональные возможности. В ее состав входят генератор, рассчитанный на работу с внешним кварцевым резонатором на частоту 32 768 Гц (выводы 12 и 13), и два делителя частоты с коэффициентами деления 2^{15} = 32 768 и 60 (выводы 4, 7, 10). Следовательно, на выходах микросхемы формируются секундные и минутные импульсы. Микросхема позволяет реализовать и некоторые другие функции, связанные с ее применением в электронных часах. В исходное состояние микросхему устанавливают подачей напряжения высокого уровня на входы R (выводы 5, 9).

Микросхема К176ИЕ8 (D3, D4) — это двоичный счетчик, совмещенный с десятичным дешифратором. Имеет вход R для установки в исходное состояние и входы для подачи счетных импульсов отрицательной (CN) и положительной (CP) полярностей. При работе счетчика на его выходах 0—9 (выводы 1—7, 9—11) последовательно появляется напряжение высокого уровня.

Рассмотрим работу реле времени (контакты выключателя питания S7 замкну-

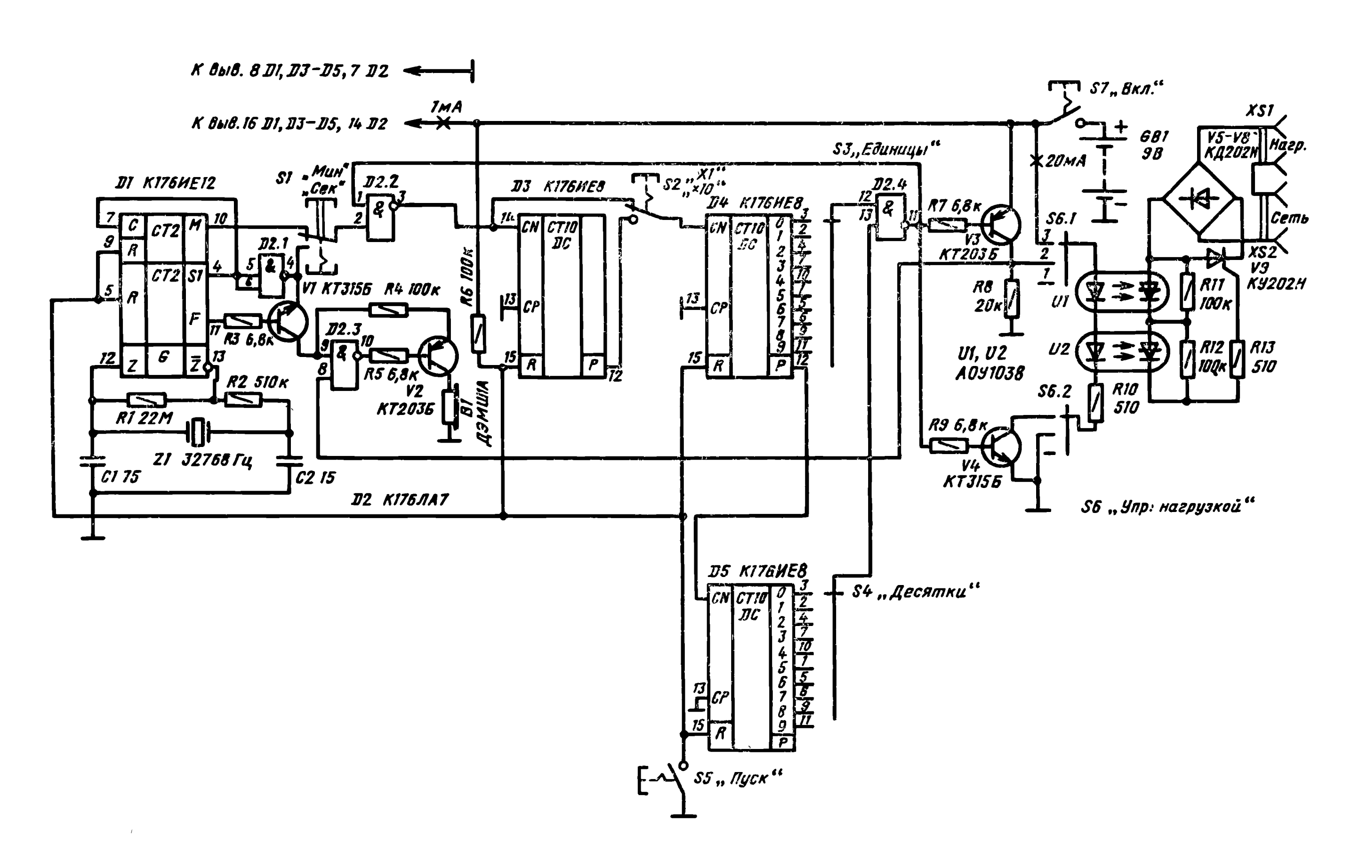


Рис. 47. Схема третьего варианта реле времени

ты). Выбор нужной выдержки времени осуществляют переключателями S1 ("Минуты" — "Секунды"), S2 ("X1" — "X10"), S3, S4 ("Единицы", "Десятки"). После этого нажимают кнопку S5 "Пуск" (она имеет фиксацию положения). При этом на выводах 10, 4, 11 микросхемы D1 появляются импульсы с частотами соответственно 1/60, 1 и 1024 Гц. В зависимости от положения переключателя S1 на вывод 2 логического элемента D2.2 поступают минутные или секундные импульсы. На выводе 1 этого же элемента — напряжение высокого уровня, поданное с выхода логического элемента D2.4 (поскольку на его входах — выводах 12 и 13 — напряжение низкого уровня). Следовательно, импульсы поступают на вход CN микросхемы D3, и если контакты переключателя S2 находятся в показанном на схеме положении — то и на аналогичный вход микросхемы D4.

Через некоторое время, определяемое положением подвижных контактов переключателей S3 и S4, на этих контактах появятся одновременно напряжения высокого уровня. Напряжение низкого уровня, появившееся на выходе логического элемента D2.4, запретит дальнейшее поступление импульсов на входы микросхем D3 и D4 и откроет транзистор V3. На вывод 8 логического элемента D2.3 поступит, следовательно, напряжение высокого уровня. На базу транзистора V2 начнут поступать импульсы с интервалом 1 с, модулированные частотой 1024 Гц (роль модулятора, или суммирующего устройства, выполняет транзистор V1). В излучателе B1 будет слышен прерывистый звуковой сигнал, свидетельствующий об окончании выдержки времени.

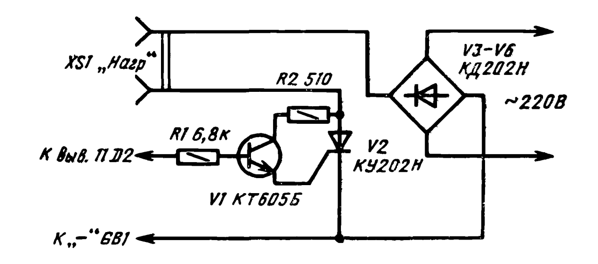
В реле времени предусмотрена возможность подключения нагрузки (для этой цели служат гнезда разъема XS1). На гнезда XS2 при этом должно быть подано напряжение сети (220 В или 127 В). Переключателем S6 выбирают режим коммутации нагрузки. В положении 1 управление нагрузкой не осуществляется и цепи узла управления нагрузкой (оптроны U1, U2) отключены от коллектора транзистора V4; это сделано для того, чтобы не расходовать напрасно энергию батареи GB1 на питание узла управления, если нагрузка отключена, а реле времени импользуется только в качестве будильника. По истечении заданного времени в положении 2 переключателя S6 реле времени включает нагрузку, а в положении 3 — выключает нагрузку (в течение заданного времени она включена).

Коммутация нагрузки осуществляется тиристором V9, включенным в диагональ диодного моста V5—V8. Тиристор включается с помощью двух оптронов U1 и U2. Оптрон работает следующим образом. При протекании тока через светодиод оптрона освещается его динистор, и он начинает пропускать ток. Достоинством оптрона является отсутствие гальванической связи между его входными и выходными цепями, что создает безопасные условия работы с устройствами, имеющими питание от сети (сопротивление между входными и выходными цепями оптрона может достигать сотен мегаом).

Допустим, что переключатель S6 установлен в положение 2. Тогда при появлении напряжения низкого уровня на выходе логического элемента D2.4 транзистор V3 откроется и через светодиоды оптронов U1 и U2 потечет ток, ограничиваемый резистором R10. Динисторы оптронов откроются, поэтому в начале каждого полупериода сетевого напряжения будет открываться тринистор V9 и оставаться открытым до конца полупериода. Использование двух оптронов объясняется тем, что допустимое прямое напряжение динистора оптрона этого типа составляет лишь 200 В. Резисторы R11 и R12 предназначены для выравнивания напряжений на динисторах, когда они находятся в закрытом состоянии.

Если переключатель S6 находится в положении 3, то входные цепи оптронов будут подключены к транзистору V4, который по истечении выдержки времени закроется и выключит оптроны и нагрузку. Поскольку ток, протекающий через входные цепи оптрона, довольно значителен (10...20 мА), при установке больших вы-

Рис. 48. Схема узла управления нагрузкой (без оптронов)



держек времени батарея GB1 может сильно разрядиться. Это необходимо учитывать при работе с устройством.

По истечении выдержки времени кнопку S5 следует возвратить в исходное положение, при этом устройство примет первоначальное состояние.

Нагрузка, которую может коммутировать реле времени, питается переменным током. Это может быть холодильник, телевизор, радиоприемник, вентилятор и пр. Если же нагрузку допускается питать постоянным током (фотоувеличитель, утюг, электроплитка), то узел управления можно упростить и избежать применения оптронов (рис. 48). Этот узел будет производить отключение нагрузки по истечении заданного времени. Мощность, рассеиваемая на транзисторе V1, очень мала, поскольку ток через него протекает лишь в момент открывания. Несложно сделать, чтобы нагрузка включалась по истечении заданного времени. Подумайте сами, как это осуществить.

Микросхему К176ЛА7 (D2) можно заменить на К561ЛА7, микросхему К176ИЕ8 — на К561ИЕ8. Транзисторы V1, V4 — типов КТ312, КТ315, КТ342, КТ3117, КТ503 с любыми буквенными индексами, V2, V3 — любые из серий КТ203, КТ208, КТ501, КТ502, КТ3107. Оптроны АОУ103В (U1, U2) можно заменить на АОУ103Б, АОУ103Г, АОУ103Д. Кварцевый резонатор Z1 — малогабаритный на частоту 32 768 Гц, предназначенный для использования в электронных часах. Диоды V5 — V8 — серий КД202 с буквами К—Н, Р, С, Д246 (А, Б), Д247(Б), Д248Б. При их замене следует выбирать обратное напряжение не менее 400 В и прямой ток исходя из максимального тока нагрузки. Конденсаторы С1, С2 — типов КЛС, КМ, КТ (с любыми цифрами), К10-7В, К10-23. Резисторы — МЛТ-0,25. Звуковой излучатель В1 — микрофонный капсюль ДЭМШ-1А или телефонный капсюль любого типа с сопротивлением катушки не менее 65 Ом (например, ТА-4, ТК-47, ТК-67). Тринистор КУ202Н (V9) можно заменить на КУ202 с буквами К—М или на КУ201 с буквами К—Н, но в последнем случае мощность нагрузки не должна превышать 400 Вт. Теперь о типах переключателей. В качестве S1, S2, S5, S7 применены кнопочные переключатели П2К, каждый с фиксацией положения. Переключатели S3, S4 — галетные одноплатные на 10 положений (например, МПН-1, ПГК-11П1Н, ПГ2-5-12П1НТ); еще лучше применить плоские печатные переключатели типа ПП10. Батарея GB1 —"Крона-ВЦ" или "Корунд".

Монтаж микросхем, транзисторов и других элементов выполнен комбинированным методом на печатной плате № 1 (см. рис. 8, *а*). Силовые элементы (выпрямительные диоды, тринистор и оптроны) располагают на другой плате. Таким образом, все элементы первой платы не имеют гальванической связи с сетью, что повышает безопасность пользования устройством.

Если в монтаже нет ошибок и все детали исправны, то реле времени сразу начинает работать.

Конструкция устройства, его размеры определяются тем, какие нагрузки предполагается коммутировать. Если их мощность не превышает 300 Вт, то выпрямительные диоды и тринистор не нужно устанавливать на радиатор. Если же мощность

нагрузки может достигать 1000 Вт, то тринистор следует установить на радиатор с поверхностью теплоотдачи не менее 200 см², а каждый из диодов — на радиатор с поверхностью 50 см².

Напоминаем: микросхемы потребляют от батареи ток около 1 мА; устройство подачи звукового сигнала не более 10 мА; оптроны, когда они включены, 10 . . . 20 мА. Исходя из этих данных и зная емкость батареи питания, следует рассчитывать продолжительность работы реле времени в том или ином режиме.

Для новогодней елки

Накануне зимних школьных каникул многие юные радиоконструкторы задумываются: как оживить новогоднюю елку? Одним из возможных эффектов новогодней иллюминации может быть "бегущий огонь", т. е. поочередное включение ламп в гирлянде. Схема автомата, реализующего этот эффект, представлена на рис. 49.

Переключатель представляет собой кольцевой счетчик, состоящий из трех одинаковых реле выдержки времени, соединенных между собой обратными связями. После подачи питания конденсатор C4 заряжается через обмотку реле K4. Импульс зарядного тока вызывает кратковременное срабатывание этого реле. Контакты K4.1 подают импульс напряжения на обмотку реле K1, которое контактами K1.1 самоблокируется. Контакты K1.2, переключаясь, отключают цепь обмотки реле K3, а также подают напряжение 25 В на времязадающую цепь второго реле выдержки времени. Начинается зарядка конденсатора C2 через резистор R4. Спустя некоторое время откроются стабилитрон V6 и транзистор V7. Реле K2 срабатывает и контактами K2.1 самоблокируется. Контактами K2.2 оно обесточит реле K1 и подаст "плюс" напряжения питания на времязадающую цепь R6C3V10 третьего реле времени. Через некоторое время реле K3 сработает, обесточит реле K2; начнется зарядка конденсатора C1. Снова сработает реле K1 — закончился один цикл работы устройства.

При указанных на схеме номиналах элементов частота срабатывания реле составляет около 1 Гц. Чтобы получить эффект "бегущего огня", лампы гирлянд H1 — H3

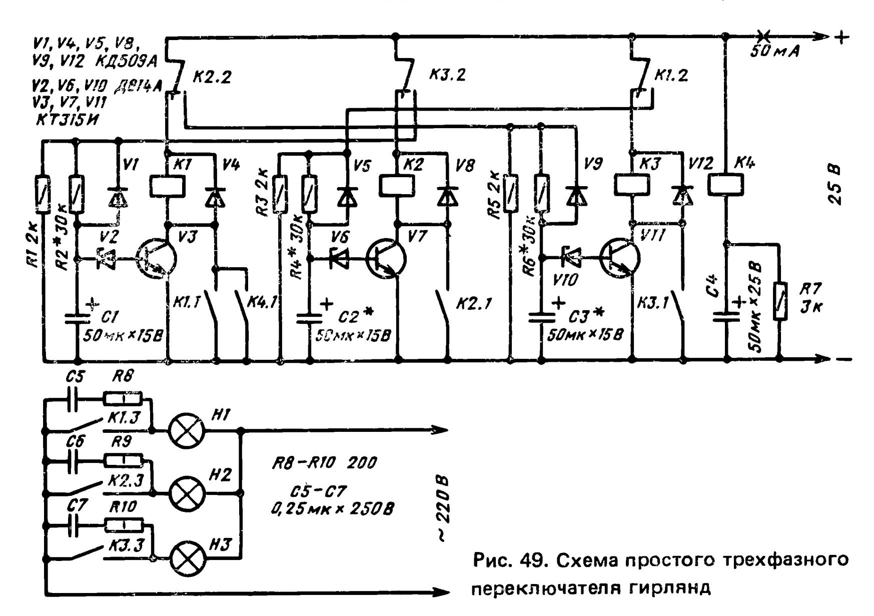


Рис. 49. Схема простого трехфазного переключателя гирлянд

следует расположить в общей гирлянде последовательно одна за другой. Частоту переключения можно регулировать подбором резисторов R2, R4, R6 и конденсаторов C1—C3. Целесообразно сопротивления резисторов R2, R4, R6 уменьшить до 10 кОм, а последовательно с ними включить переменные резисторы сопротивлением 30 кОм.

Несколько слов о назначении других деталей устройства. Цепи V1R1,V5R3, V9R5 необходимы для быстрой разрядки времязадающих конденсаторов C1—C3 при снятии напряжения с соответствующего реле. Допустим, что в один из тактов работы переключателя отпустило реле К3 и сняло напряжение с времязадающей цепи R2C1V2. Конденсатор C1 будет разряжаться через диод V1 и резистор R1, сопротивление которого значительно меньше сопротивления резистора R2. При зарядке конденсатора C1 разрядная цепь V1R1 никак не влияет на работу устройства. Если бы разрядных цепей не было, то конденсаторы не успевали бы разряжаться за цикл работы устройства и частота переключения реле была бы очень высокой. Диоды V4, V8, V12 защищают транзисторы V3, V7, V11 от воздействия ЭДС самоиндукции, которая возникает на обмотках реле в момент выключения и может вывести из строя транзисторы. Цепи R8C5, R9C6, R10C7 — искрогасящие, они уменьшают обгорание контактов реле.

В устройстве применены широкораспространенные детали. Транзисторы V3, V7, V11 могут быть любыми из серий КТ315 (кроме Б, Ж), КТ503, КТ608, КТ3117. Диоды — типов Д220, Д223, КД503, КД509, Д226 с любыми буквами. Стабилитроны V2, V6, V10 могут быть типов КС133А, КС147А, КС156А, КС168А, Д814 с буквами А, Б, В. Конденсаторы C1—C4 —типов К50-3, К50-6, К50-12, К50-20; C5—C7 — МБМ, БМТ, КБГ-М на напряжение не менее 400В. Реле К1—К4 — типа РЭС-22, паспорт РФ4.500.131. Контакты К1.3, К2.3, К3.3 для уменьшения обгорания образованы двумя группами контактов, которые соединяются параллельно. Мощность каждой из гирлянд не должна превышать 50 Вт.

Недостатком предложенного варианта "бегущего огня" является сложность регулировки частоты переключения реле, а также ограниченный срок службы, вызванный обгоранием контактов.

На рис.50 приведена схема другого варианта автомата "бегущие огни". Здесь нет

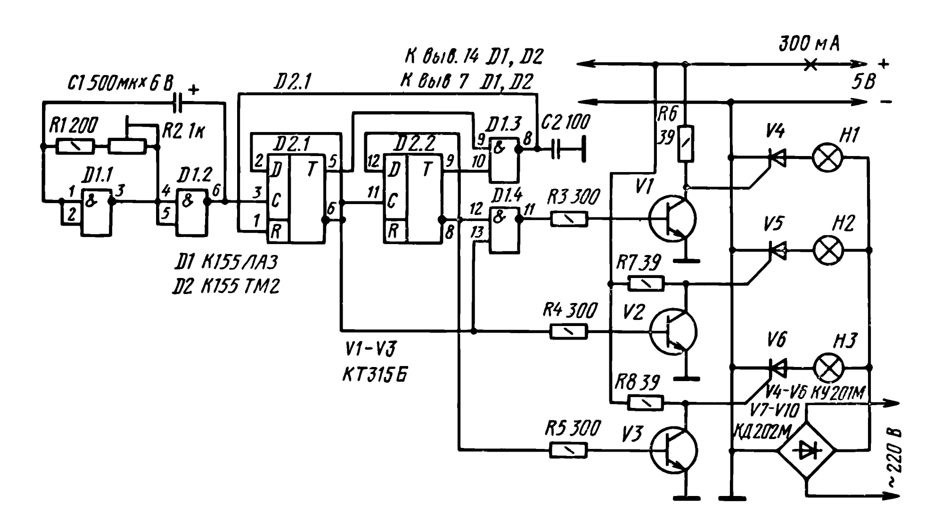


Рис. 50. Схема переключателя гирлянд на тринисторах

реле, а для коммутации гирлянд используются тринисторы. Конечно, надежность этого устройства значительно выше, чем предыдущего.

Как работает это устройство? На логических элементах D1.1, D1.2 собран генератор прямоугольных импульсов, частота следования которых составляет 0,2 . . . 1 Гц. Импульсы поступают на вход счетчика, состоящего из двух D-триггеров D2.1 и D2.2 микросхемы D2 (с работой D-триггера вы уже знакомы). Благодаря наличию обратной связи между элементом D1.3 и входом R триггера D2.1 счетчик имеет коэффициент пересчета 3 и в любой момент закрыт один из транзисторов V1 — V3. Если, допустим, закрыт V1, то положительное напряжение с его коллектора будет подано на управляющий электрод тринистора V4, тринистор откроется и загорятся лампы H1 гирлянды. Частоту переключения регулируют подстроечным резистором R2 генератора.

В устройстве микросхемы серии К155 можно заменить соответствующими аналогами из серии К133. Транзисторы V1 — V3 могут быть из серий КТ315, КТ3117, КТ603, КТ608 с любыми буквами. Тринисторы V4 — V6 могут быть типов КУ201, КУ202 с буквами К—Н. Диоды V7 — V10 должны быть рассчитаны на обратное напряжение не менее 350 В и ток, соответствующий току, потребляемому лампами гирлянды.

Источник, питающий микросхемы и транзисторы устройства, должен быть рассчитан на ток не менее 300 мА.

Если в распоряжении радиолюбителя есть микросхема К176ЛА7, то переключатель двух гирлянд можно собрать с бестрансформаторным питанием (рис. 51). На логических элементах D1.1, D1.2 собран генератор, а на транзисторах V2, V3 собраны высоковольтные ключи для управления тринисторами. Питание на микросхему подают от параметрического стабилизатора R4V1 с конденсатором C1. Постоянное напряжение как для микросхемы, так и для ламп гирлянд H1 и H2 снимается с выпрямительного моста V6.

На микросхемах серии К176 можно собрать и переключатель трех гирлянд. Схема генератора и счетчика будет аналогична схеме на рис. 50, с той лишь разницей, что емкость конденсатора C1 надо уменьшить до 0,68 мкФ (КМ-6А), а резисторы R1 и R2 использовать соответственно с сопротивлениями 300 кОм и 2,7 МОм. Микросхема D1 — К176ЛА7, D2 — К176ТМ1 (нумерация ее выводов отличается от нумерации выводов микросхем серии К155). Ключи для управления гирляндами и стабилизатор питания — точно такие же, как и в двухфазном переключателе (см. рис. 51).

Не забывайте, что переключатели по схемам рис. 50 и 51 имеют гальваническую

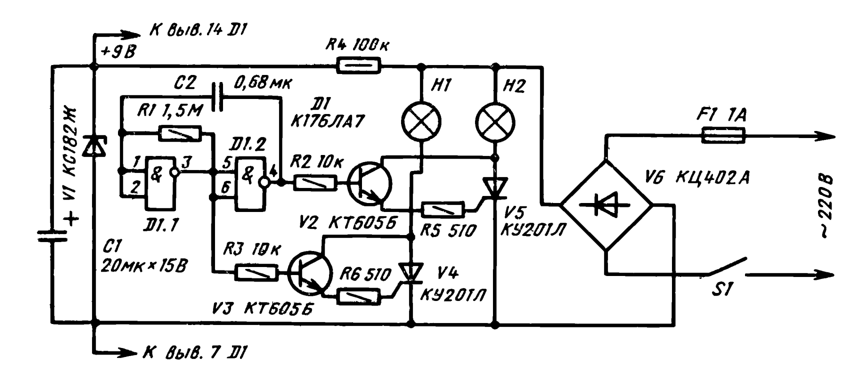


Рис. 51. Схема переключателя двух гирлянд с бестрансформаторным питанием

связь с электросетью, поэтому при пользовании ими необходимо *соблюдать осторожность*. На оси переменных резистооов следует надеть ручки из изоляционного материала.

У описанных здесь устройств "бегущего огня" есть общий недостаток: неизменная логика работы. Лампы в гирляндах переключаются в раз и навсегда установленном порядке, изменять можно лишь частоту переключения. В то же время желательно, чтобы иллюминация была как можно более разнообразной, не надоедала и не утомляла зрение. Это означает, что должна быть предусмотрена возможность изменения не только продолжительности горения ламп, но и очередности их переключения.

На рис. 52 приведена схема переключателя гирлянд, отвечающего этим условиям.

"Сердцем" устройства является микросхема К155РУ2 — оперативное запоминающее устройство на 16 четырехразрядных слов (под словом в данном случае понимается совокупность логических нулей и единиц, например 0110, 1101 и т. д.). Как действует такая микросхема? Ее четыре входа (D1 — D4) предназначены для подачи информации, которую нужно записать в память. Эти входы называются информационными. На четыре других входа (А1 — А4) подают двоичный код адреса ячейки, которую требуется выбрать для записи или считывания информации. Эти входы называют адресными. Изменяя двоичный код на этих входах от 0000 до 1111, можно обратиться к любой из 16 ячеек. Подавая сигнал на вход W, выбирают нужный режим работы микросхемы: если на входе W напряжение низкого уровня, то производится запись в ячейку, а если напряжение высокого уровня, то можно считывать информацию, хранящуюся в ячейках памяти микросхемы. При считывании информация поступает на выходы С1 — С4. Выходы у микросхемы — с открытым коллектором, причем если в ячейке памяти записана логическая 1, то соответствующий транзистор выхода будет открыт (разумеется, в его коллекторную цепь должна быть включена нагрузка — разистор).

Таким образом, для записи числа в какую-либо ячейку памяти необходимо подать на входы D1 — D4 соответствующие логические уровни, а на входы А1 — А4 — двоичный код адреса требуемой ячейки. Затем на вход W подают напряжение низкого уровня — и информация записана. Для считывания информации необходимо подать на вход W напряжение высокого уровня. Тогда при смене кода адреса на выходах С1 — С4 будут появляться сигналы, соответствующие содержимому соответствующих ячеек.

Вход V служит для разрешения работы микросхемы: при подаче на него напряжения высокого уровня запись и считывание не производятся.

Рассмотрим работу переключателя по его принципиальной схеме (см. рис. 52).

Кнопками S6 "Пуск" и S7 "Сброс" устанавливают требуемый режим работы устройства: после нажатия кнопки "Сброс" можно производить запись программы в ячейки памяти микросхемы, а после нажатия кнопки "Пуск" происходит считывание записанной программы.

При нажатии на кнопку S7 "Сброс" RS-триггеры, собранные на элементах D1.1 и D1.2, D1.3 и D1.4, D2.1 и D2.2, D2.3 и D2.4, D4.1 и D4.2 установятся в исходное состояние, при котором на выходах элементов D1.1, D1.3, D2.1, D2.3 и D4.1 — напряжение низкого уровня. Поступая на вывод 12 логического элемента D4.4, оно запрещает работу тактового генератора, собранного на элементах D4.3, D4.4 и транзисторе V5.

Затем кнопками S1 — S4 набирают двоичное слово для записи в первую ячейку памяти. Допустим, нам требуется записать 0111. Для этого нажимаем кнопки S2 — S4. При этом триггеры D1.3D1.4, D2.1D2.2 и D2.3D2.4 переключатся и зажгутся светодиоды V2 — V4. После этого можно нажимать кнопку S5 "Запись". В этом случае импульс с выхода триггера (вывод 3 логического элемента D3.1)

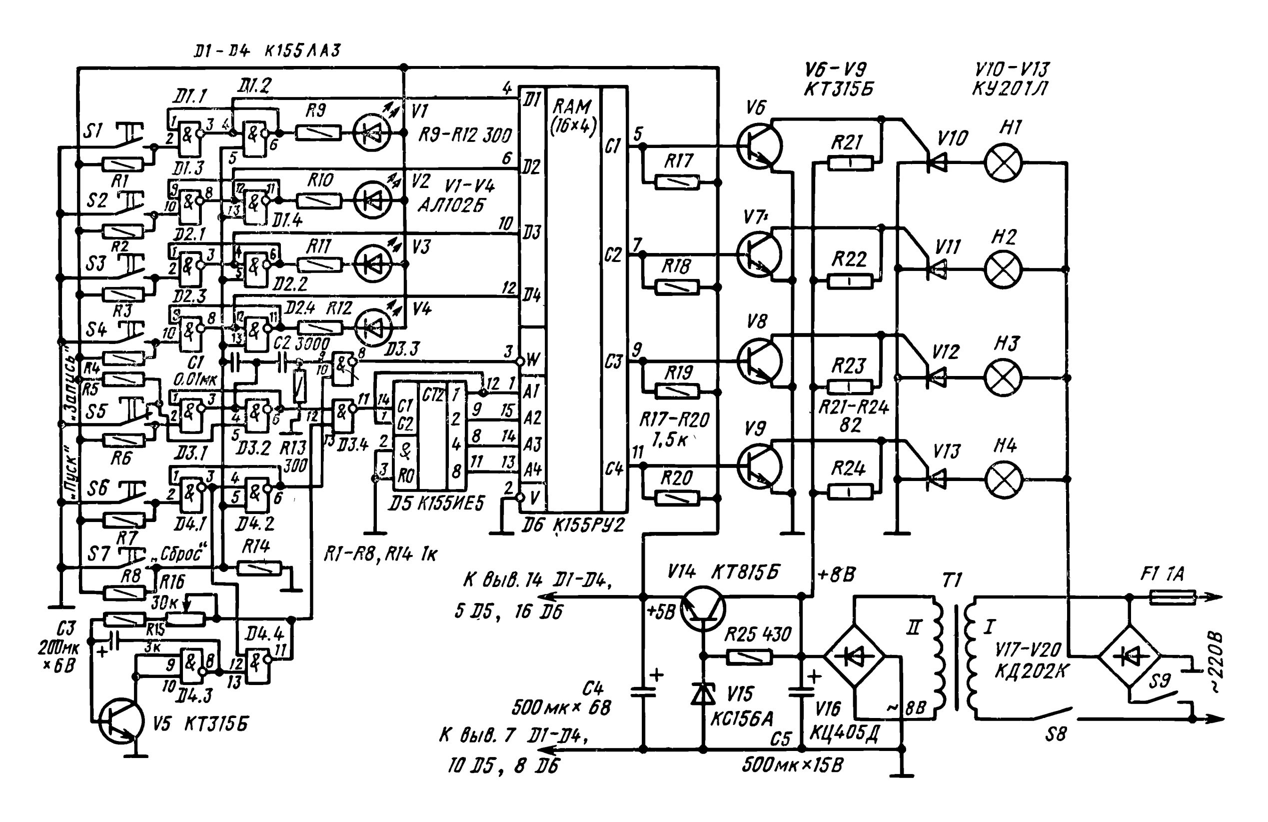


Рис. 52. Схема переключателя гирлянд с микросхемой памяти

через дифференцирующую цепь C2R13 и логический элемент D3.3 поступает на вход W микросхемы памяти D6. Дифференцирующая цепь C2R13 и логический элемент D3.3 работают таким образом, что после нажатия кнопки S5 "Запись" на вход W поступает короткий (длительностью несколько микросекунд) отрицательный импульс, который обеспечивает запись информации, поданной на информационные входы D1 — D4 по адресу в соответствии с двоичным кодом на адресных входах A1 — A4. В момент отпускания кнопки S5 "Запись" импульс с выхода элемента D3.1 через конденсатор C1 установит в исходное состояние все RS-триггеры, в которых было предварительно записано двоичное слово. Импульс, поступающий с выхода логического элемента D3.4 на вход C1 двоичного счетчика D5, увеличит на единицу адрес (двоичный код которого снимается с выводов 12, 9, 8 и 11 этой микросхемы). Заметим, что установка в исходное состояние счетчика адреса D5 не производится (выводы 2 и 3 для обеспечения счетного режима соединены с общим проводом).

После этого кнопками S1 — S4 набирают второе двоичное слово программы, нажимают кнопку S5 "Запись" и т. д., пока в микросхему памяти не будет записана вся программа из 16 четырехразрядных двоичных слов. После того как программа записана, нажимают кнопку S6 "Пуск". Триггер D4.1D4.2 при этом изменяет свое состояние на противоположное, начинает работать генератор на логических элементах D4.3, D4.4, импульсы которого поступают на счетчик D5 и изменяют код адреса ячейки. На входе W теперь все время действует напряжение высокого уровня, поскольку на выходе логического элемента D4.2 — напряжение низкого уровня, которое подается на вход логического элемента D3.3. На выходах C1 — C4 микросхемы К155РУ2 появляются уровни напряжений, соответствующие записанной в ячейках памяти информации, которые усиливаются транзисторными ключами V6 — V9 и затем поступают на управляющие электроды тринисторов V10 — V13. Тринисторы управляют четырьмя гирляндами ламп, условно обозначенными на схеме H1 — H4. Допустим, что на выходе C1 микросхемы D6 — напряжение низкого уровня. В этом случае транзистор V6 закрыт, через резистор R21 и управляющий электрод тринистора V10 протекает ток, тринистор открывается и зажигает лампы гирлянды H1. Если же на выходе C1 напряжение высокого уровня, то лампы H1 гореть не будут.

Микросхемы устройства питаются от стабилизированного выпрямителя, собранного на диодном мосте V16, стабилитроне V15 и транзисторе V14. Лампы гирлянд H1 — H4 питаются выпрямленным напряжением, снимаемым с диодного моста V17 — V20. Для отключения гирлянд служит выключатель S9, для отключения от сети остальных элементов устройства — выключатель S8.

Транзисторы V6 — V9 устройства могут быть любыми из серий КТ3117, КТ603, КТ608, КТ630, КТ801; V5 — любой из серий КТ306, КТ312, КТ315, КТ316; V14 — любой из серий КТ801, КТ807, КТ815. Тринисторы КУ201Л (V10 — V13) можно заменить на КУ202 с буквами К—Н. Диодный мост V16 может быть выполнен также из диодов Д310, КД509А, КД510А. Диоды КД202К (V17 — V20) можно заменить на КД202 с буквами Л—Р, а также на Д231, Д232, Д246, Д247, Д248 с любыми буквами. Конденсаторы C1, C2 — типов К10-7, К10-23, КЛС или КМ-6; C3 — C5 — типов К50-6, К50-16 или К50-20. Все постоянные резисторы — типа МЛТ; переменный резистор R16 — типов СП-1, СПО-0,4. Кнопки S1 — S7 могут быть типов КМ1-1, КМД1-1, а также П2К (без фиксации положения). Очень удобно применить кнопки с герконовыми контактами, у которых усилие нажатия значительно меньше, чем у всех остальных типов кнопок. Выключатели S8 и S9 — типа "тумблер" (ТВ2-1, ТП1-2, Т1- МТ1). Трансформатор питания T1 — любой, имеющий вторичную обмотку на напряжение 8 . . . 10 В и ток не менее 0,6 . . . 0,7 А. Удобно использовать, например, трансформатор ТВК-110ЛМ. Все обмотки, кроме первичной, удаляют и

наматывают 90 витков провода ПЭВ-20,51 мм. При разработке трансформатора следует соблюдать осторожность, иначе можно оборвать выводы первичной обмотки.

Бóльшая часть элементов устройства смонтирована на плате № 2 (см. рис. 8, *б*). Монтаж выполнен проводами. Транзистор V14 установлен на дюралюминиевой пластине площадью около 30 см^2 (она служит радиатором). На радиаторы следует установить также диоды V17 – V20 и тринисторы V10 – V13, если суммарная мощность ламп гирлянд будет превышать 300 Вт. Для указанных на схеме типов тринисторов и выпрямительных диодов суммарная мощность ламп может составить 1500 Вт.

Конструкция устройства — произвольная. На верхней стенке корпуса должны быть кнопки S1 – S7, выключатели питания S8 и S9, светодиоды V1 – V4 контроля записи программы, а также переменный резистор R16, с помощью которого изменяют частоту переключения гирлянд. На боковой стенке корпуса располагают держатель предохранителя F1 и гнезда для подключения гирлянд (на схеме они не показаны).

Если все детали исправны и в монтаже нет ошибок, то устройство начинает работать сразу. Следует отметить, что достигаемые световые эффекты во многом зависят от взаимного расположения ламп гирлянд H1 — H4. Весьма распространенным является такое расположение, когда за лампой первой гирлянды следует лампа второй гирлянды затем третьей, четвертой и т. д. сначала. В табл. 4 приведены некоторые варианты программирования переключателя гирлянд для получения различных световых эффектов. Логические единицы в каждом слове слева направо показывают, какие из кнопок S1 – S4 соответственно следует нажать.

Таблица 4

Номер программы	Содержание двоичных слов программы
1	1000, 0100, 0010, 0001, 1000, 0100, 0010, 0001, 1000, 0100, 0010, 0001, 1000, 0100, 0010, 0001
2	0111, 1011, 1101, 1110, 0111, 1011, 1101, 1110, 0111, 1011, 1101, 1110, 0111, 1011, 1101, 1110
3	1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 0100, 0100, 0100, 0100, 0010, 0010, 0010, 0001, 0001, 0000, 0000
4	1000, 0000, 0000, 0100, 0000, 0000, 0010, 0000, 0000, 0001, 0000, 0000, 1111, 1111, 0000, 0000
5	1000, 0100, 0010, 0001, 0010, 0100, 1000, 0100, 0010, 0001, 0010, 0100, 1000, 0100, 0100, 0001

Первая и вторая программы обеспечивают эффект "бегущего огня", остальные программы — более сложные эффекты. Число программ, которые можно реализовать с помощью данного устройства, очень и очень велико, и это открывает простор для фантазии оператора. Следует также помнить, что изменение частоты переключения гирлянд также открывает широкие возможности для получения различных световых эффектов.

Электронный светофор

Беседы по правилам дорожного движения, проводимые учителями в начальных классах, могут стать более эффективными, если они будут сопровождаться демонстрацией модели автоматически действующего светофора.

а)

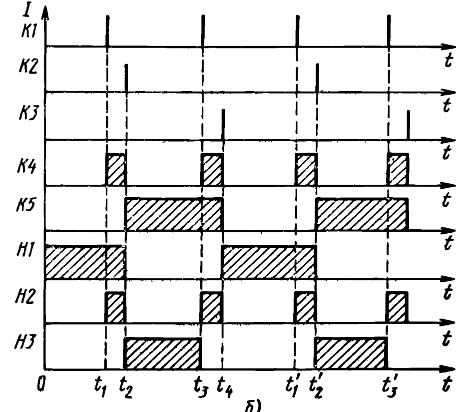


Рис. 53. Схема (*а*) и временны́е диаграммы (*б*) работы электронного светофора

Схема возможного варианта такого устройства и временны́е диаграммы, иллюстрирующие его работу, показаны на рис. 53. Его основу составляют два реле времени на однопереходных транзисторах V5 и V7.

Устройство работает следующим образом. Допустим, что контакты выключателя S1 замкнуты. Тогда напряжение сети через нормально замкнутые контакты K5.3 реле K5 зажигает лампу H1 красного цвета. Кроме того, через диод V1 напряжение подается на параметрический стабилизатор на резисторе R1 и стабилитронах V2 – V4. Пульсации напряжения сглаживаются конденсатором C1. Постоянное напряжение около 30 В через нормально замкнутые контакты K4.2 реле K4 подается на первое реле времени, выполненное на однопереходном транзисторе V5. Конденсатор C2 заряжается через резистор R2. Через некоторое время (10. . . 15 с) переход транзистора V5 откроется и конденсатор C2 разрядится на обмотку реле K1 –

оно кратковременно сработает (на рис. 53, *б* момент t_1). Контактами К1.1 будет подано питание на реле К4, которое контактами К4.1 самоблокируется, а контактами К4.3 замкнет цепь питания лампы Н2 желтого цвета. Таким образом, теперь горят красная и желтая лампы. Одновременно через контакты К4.2 будет подано питание на второе реле времени. Начинается зарядка конденсатора С3 через резистор R4. Через 2 . . . 3 с сработает реле К2 (момент t_2) и подаст питание на реле К5. Контактами К5.1 оно самоблокируется, а контактами К5.3 разорвет цепь питания лампы Н1 красного цвета и подготовит к включению лампу Н3 зеленого цвета. Контакты же К2.2 разорвут цепь питания реле К4, оно отпустит и через нормально замкнутые контакты К4.4 подаст питание на лампу Н3 зеленого цвета. Желтая лампа Н2 обесточится, и будет гореть одна только лампа Н3 зеленого цвета. Через нормально замкнутые контакты К4.2 будет подано напряжение на первое реле времени, и начнет заряжаться конденсатор С2. В момент t_3 сработает реле К1, затем сработает и самоблокируется реле К4. При этом погаснет зеленый сигнал и включится желтый, а также будет подано питание на второе реле времени. А так как к базе 1 однопереходного транзистора V7 теперь подключено реле К3, то через некоторое время оно сработает (момент t_4). Отпустят реле К4, К5, погаснет желтая лампа Н2, и зажжется красная лампа Н1. На этом закончится цикл работы светофора и начнется следующий.

В устройстве использованы такие же детали, как и в реле времени (см. рис. 43). Реле К4, К5 — МКУ-48 (паспорт РА4.509.145). Лампы Н1 — Н3 — на напряжение сети 220 В мощностью 25 . . . 60 Вт.

Лампы Н1 — Н3 окрашивают цветным цапон-лаком соответственно в красный, желтый и зеленый цвета и помещают в короб с круглыми прорезями. Можно применить цветные светофильтры, тогда окрашивать лампы не потребуется.

Налаживание модели светофора состоит в том, что резистором R2 устанавливают продолжительность зарядки конденсатора С2, равную 10 . . . 15 с, а резистором R4 — продолжительность зарядки конденсатора С3, равную 2 . . . 3 с.

Если в распоряжении радиолюбителя не окажется однопереходных транзисторов, то можно применить их аналоги, выполненные на транзисторах разной структуры (см. рис. 44), или строить светофор по схеме, представленной на рис. 54. Логика работы этого варианта автомата такая же, как и предыдущего. Реле времени выполнены на составных транзисторах V4V5 и V8V9. Контакты К1.1 — К3.1 осуществляют быструю разрядку конденсаторов С2 и С4, благодаря чему срабатывают реле К1 — К3 и сразу же отпускают, формируя короткие импульсы. Резисторы R4 и R6 ограничивают токи разрядки конденсаторов С2 и С4.

Реле К1 — К3 — типа РЭС-22 (паспорт РФ4.500.125 или РФ4.500.130).

На рис. 55 приведена схема еще одного варианта светофора. Он сложнее преды-

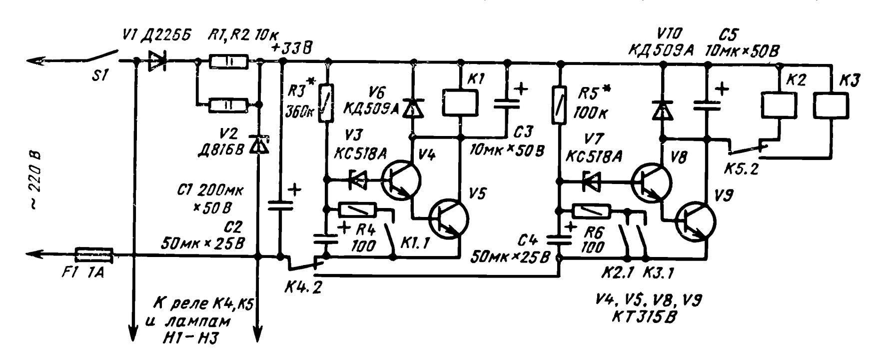


Рис. 54. Схема второго варианта светофора

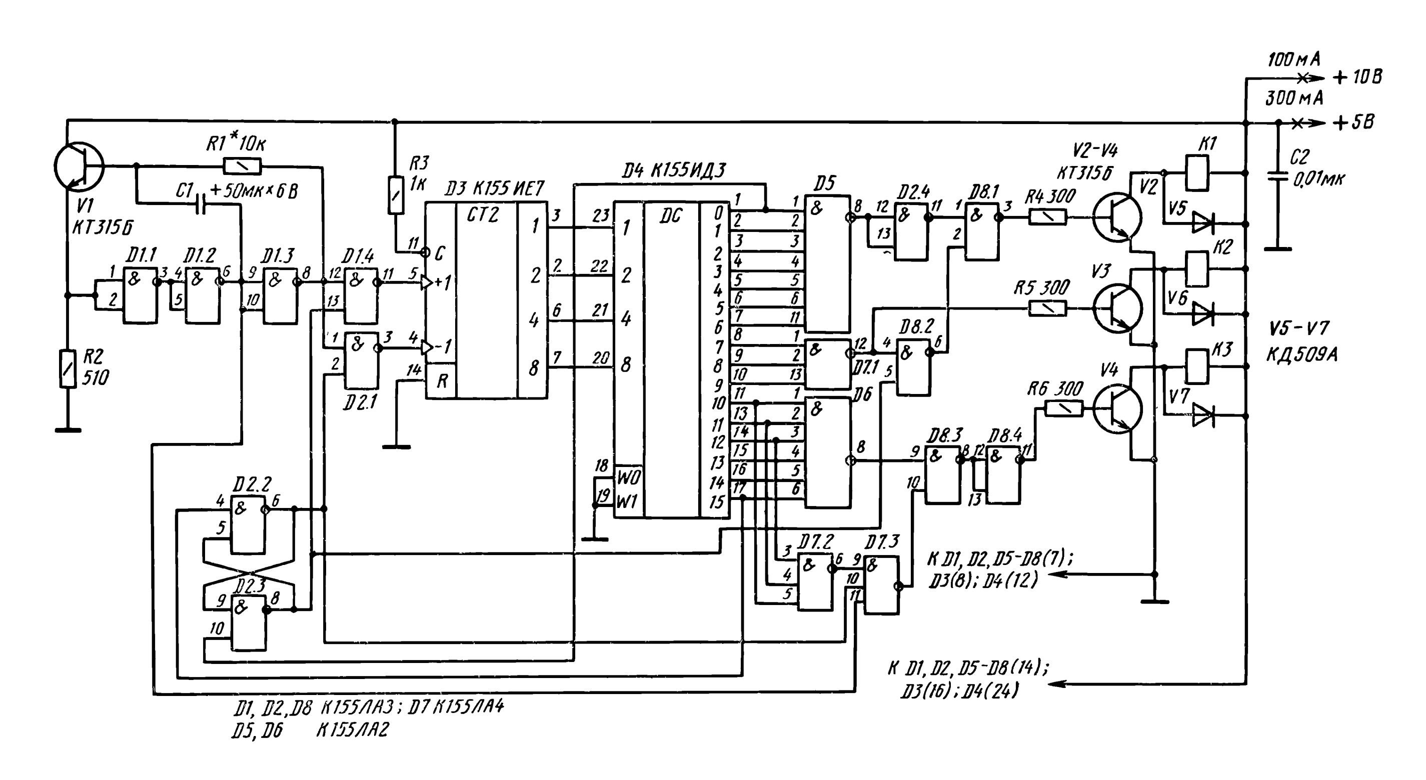


Рис. 55. Схема светофора на цифровых микросхемах

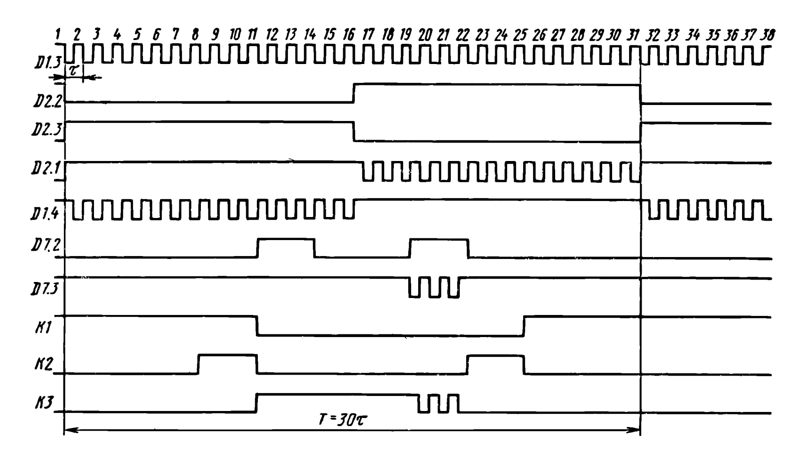


Рис. 56. Временные диаграммы работы светофора

дущих, зато обладает более широкими возможностями: обеспечивает мигание зеленого сиганла перед его переключением, т. е. по логике работы аналогичен светофорам, установленным на перекрестках улиц. Принцип работы такого электронного автомата иллюстрируют временные диаграммы, изображенные на рис. 56.

Логические элементы D1.1 — D1.3 образуют генератор, вырабатывающий импульсы с периодом следования около 1 с. Транзистор V1 повышает входное сопротивление элемента D1.1, что позволило использовать в генераторе конденсатор C1 сранительно небольшой емкости при большом сопротивлении резистора R1. Импульсы с выхода генератора поступают на входы элементов D1.4 и D2.1, работой которых управляет RS-триггер на элементах D2.2 и D2.3. Если на выводе 6 элемента D2.2 напряжение высокого уровня, то импульсы поступают на вывод 4 микросхемы D3, если же напряжение высокого уровня на выводе 8 элемента D2.3, то импульсы подаются на вывод 5 микросхемы D3. Эта микросхема (К155ИЕ7) — параллельный реверсивный четырехразрядный двоичный счетчик, работющий в коде 1 — 2 — 4 — 8. Ее вход R служит для установки счетчика в нулевое состояние, вход C — для предварительной записи в счетчик информации, поданной на входы (на схеме входы не показаны). В данном случае на вход C постоянно подается напряжение высокого уровня, а на вход R — низкого уровня. При подаче счетных импульсов на вход +1 происходит увеличение числа, записанного в счетчике (прямой счет); если же импульсы подавать на вход —1, то число будет уменьшаться (обратный счет).

Сигналы с четырех выходов счетчика поступают на входы дешифратора D4 (К155ИД3). В любой момент на одном из выходов этого дешифратора появляется напряжение низкого уровня, причем номер этого выхода соответствует двоичному эквиваленту числа, поданного на вход дешифратора.

Рассмотрим работу устройства при прямом счете импульсов. Когда на выходе элемента D2.3 напряжение высокого уровня, на выходе элемента D2.2 — напряжение низкого уровня (см. рис. 55). Импульсы с генератора через элемент D1.4 поступают на вход +1 микросхемы D3. При этом происходит увеличение числа, записанного в счетчике, и напряжение низкого уровня появляется последовательно на выходах микросхемы D4. Пока напряжение низкого уровня присутствует на выводах 1, 2, . . . , 7 микросхемы D4, на выходе микросхемы D5 — напряжение высокого уровня. В это время на выходе элемента D8.1 будет напряжение высокого уровня, сработает реле K1 и своими контактами K1.1 замкнет цепь питания лампы красно-

го цвета (на схеме не показана). Лампы желтого и зеленого сигналов при этом не горят, так как на выходах элементов D7.1 и D8.4 — напряжение низкого уровня. При появлении напряжения низкого уровня на выводах 8, 9, 10 микросхемы D4 на выходе элемента D7.1 появится напряжение высокого уровня, сработает реле K2 и загорится лампа желтого сигнала. Но продолжает гореть и красная лампа, так как на выходе элемента D8.2 — напряжение низкого уровня, а на выходе элемента D8.1 — по-прежнему напряжение высокого уровня (заметим: при обратном счете импульсов при напряжении низкого уровня на выводах 8, 9, 10 микросхемы D4 на выходе элемента D8.2 будет напряжение высокого уровня, так как RS-триггер D2.2, D2.3 будет находиться уже в другом состоянии). При дальнейшем счете импульсов напряжение низкого уровня появляется последовательно на выводах 11, 13, . . . , 17 микросхемы D4. В это время реле K1 и K2 отпустят, а реле K3 сработает, потому что на выходе микросхемы D6 появится напряжение высокого уровня и на выходах элементов D7.3 и D8.4 — также напряжение высокого уровня. Горит лампа зеленого сигнала светофора. Когда напряжение низкого уровня появится на выводе 17 микросхемы D4, триггер на элементах D2.2, D2.3 переключится в противоположное состояние (см. импульс № 16 на рис. 56). Теперь импульсы будут поступать на вход — 1 микросхемы D3 и счет будет происходить в обратном направлении. Лампа заленого сигнала светофора продолжает гореть. Когда же напряжение низкого уровня появляется последовательно на выводах 14, 13 и 11 микросхемы D4, зеленый сигнал "мигает". Это обеспечивается подачей напряжения высокого уровня на выводы 9 и 10 элемента D7.3 и импульсов с генератора на вывод 11 этого же элемента. При появлении напряжения низкого уровня на выводах 10, 9, 8 микросхемы D4 сработает реле K2, а реле K3 отпустит. При дальнейшем счете импульсов загорится лампа красного сигнала. При появлении напряжения низкого уровня на выводе 1 микросхемы D4 триггер D2.2D2.3 переключается, начинается прямой счет импульсов, и весь цикл работы автомата повторяется.

Частоту генератора, а следовательно, и время горения сигнальных ламп светофора можно изменять подбором резистора R1.

Вместо микросхем серии K155 можно использовать аналогичные микросхемы серии K133. Все резисторы — типа МЛТ-0,25; конденсатор C1 — типов K50-6, K53-1 или K50-3; C2 — типов КЛС, КМ-6, K10-7В. Транзисторы КТ315Б (V1 — V4) можно заменить на МП38, КТ312, КТ601 с любыми буквенными индексами. Реле K1 — K3 — типа РЭС-22 (паспорт РФ4.500.129). Нормально разомкнутые контакты этих реле включают последовательно в цепи питания ламп светофора: K1.1 — с красной, K2.1 — с желтой и K3.1 — с зеленой лампами.

Для уменьшения обгорания контактов реле следует все четыре группы контактов, имеющиеся в реле РЭС-22, соединить параллельно, а также применить искрогасящие цепи, как это сделано в устройстве "Бегущие огни" (см. схему рис. 49). Мощность ламп, коммутируемых контактами реле, может достигать 60 Вт. Для повышения помехоустойчивости работы светофора лампы желательно питать постоянным напряжением 36 . . . 100 В. Если же и в этом случае помехи будут влиять на работу устройства, то следует применить бесконтактную коммутацию ламп (см., например, схему устройства "Бегущие огни" на рис. 51).

Источник питания 5 В должен быть рассчитан на ток не менее 300 мА, источник 10 В — на ток около 100 мА. В случае применения тринисторных ключей надобность в источнике 10 В отпадает.

Монтаж устройства выполняют на унифицированной печатной плате № 2 (см. рис. 8, *б*): выводы элементов припаивают к контактным площадкам платы, а соединения между ними делают отрезками одножильного изолированного провода.

Правильно собранное устройство начинает работать сразу после включения и дополнительного налаживания не требует.

Подумайте, как можно превратить этот светофор в "мигалку"? Такие светофоры устанавливают на перекрестках улиц с небольшим движением транспорта.

Перцептрон

Отправляя письмо по почте, мы пишем на конверте цифры шестизначного индекса. Причем делаем это не произвольно, а определенным образом — так, как рекомендовано на почтовом конверте. Ведь цифры будет "читать" не человек, а автоматическое устройство. В зависимости от прочитанного индекса письмо будет отправлено в нужную республику, край, область, район. Действует автомат быстро — за 1 ч он может рассортировать несколько тысяч писем. Вот почему аккуратное написание индекса на конверте существенно ускоряет доставку письма.

Автоматы, или машины, "читающие" цифры, получили название "перцептрон", что в переводе с латинского означает распознавание, восприятие. Перцептроны совместно с ЭВМ сейчас широко применяются для чтения текстов, распознавания рисунков и фотографий, ввода информации в ЭВМ. Такие перцептроны — сложные кибернетические устройства. Мы же здесь рассказываем о простом перцептроне, который может "читать" всего лишь пять цифр.

Принципиальную схему такого электронного автомата вы видите на рис. 57, *а*. Его "глаз" состоит из трех ячеек с фотодиодами V1 — V3, установленными так, как показано на рис. 57, *б*. Над фотодиодами в корпусе устройства смонтированы осветители. Освещенность фотодиодов зависит от конфигурации цифры, которую показывают "глазу" перцептрона. Микросхемы D1 и D2 образуют дешифратор, который выходными сигналами, зависящими от сочетаний затемненных и освещенных фотодиодов, через транзисторные ключи V4 — V8 управляет зажиганием соответствующих цифр газоразрядного индикатора H1. Контакты выключателя питания S1 замыкаются только тогда, когда в окно корпуса перцептрона вставлена цифра.

Допустим, что "глазу" перцептрона показали цифру 1. В этом случае затемненным окажется фотодиод V2, на выходах элементов D1.1 и D1.3 будет напряжение высокого уровня, а на выходе элемента D1.2 — напряжение низкого уровня. В этом случае открывается только транзистор V4 и загорается цифра 1 индикатора H1.

Следует помнить, что транзистор структуры *n-p-n* открывается лишь тогда, когда на его эмиттере низкий потенциал, а на базе — высокий, причем оба эти условия должны выполняться одновременно.

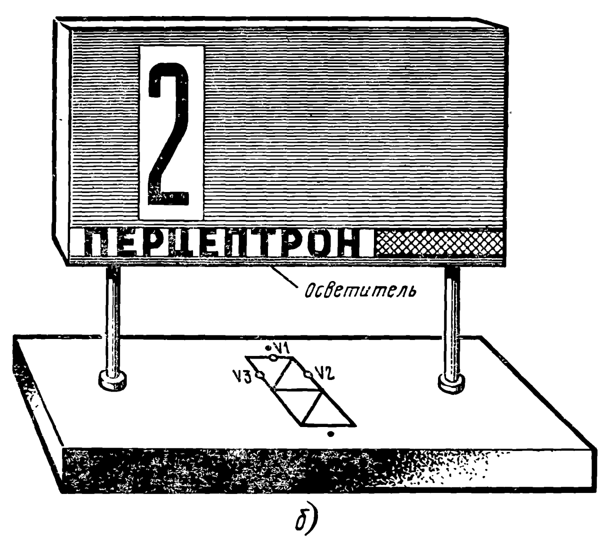
В табл. 5 показаны состояния элементов устройства при "чтении" перцептроном цифр. (Начертание цифр такое же, как на почтовых конвертах).

Таблица 5

Цифра, "показанная" перцептрону	Затемненные фотодиоды	Сигналы на выходах логических элементов					Открытые транзисторы
		D1.4	D2.1	D2.2	D2.3	D2.4	
1	V2	0	1	1	1	1	V4
2	V1, V2	1	0	1	1	1	V5
3	V1	1	0	0	1	1	V6
4	V2, V3	1	1	1	0	1	V7
5	V1, V3	1	1	1	1	0	V8

V1 Д1.1 Д1.4 V4 H1 ИН-14
V5 Д2.1
V2 Д1.2 Д2.2 R1 1к V6
Д2.3 V7
V3 Д1.3 Д24 V8
V1-V3 ФД-3 V4-V8 П309
R2* 33к Д1, Д2 К155ЛА3
V9 Д226Б R3 10к +4,7В R4 3к R5 3к
~220В V10 КС147А C1 200мк×6В R6 2к
К выв. 14 Д1,Д2
S1 К выв. 7 Д1,Д2

а)



б)

Рис. 57. Логическое устройство "перцептрон":
а — принципиальная схема; б — конструкция и схема расположения фотодиодов

На базах транзисторов V4, V6 — V8 постоянно действует напряжение около 2 В, которое снимается с делителя R4R6 блока питания и подается на них через резистор R5. Поэтому эти транзисторы открываются при подаче на их эмиттеры напряжения низкого уровня. Управление же транзистором V5 осуществляется как по эмиттеру, так и по базе. Сделано это для того, чтобы при введении в окошко цифры 3 не открывался бы транзистор V5, на эмиттере которого в это время напряжение низкого уровня. Наличие такого же уровня и на базе обеспечивает транзистору закрытое состояние.

Перцептрон питается от сети переменного тока через однополупериодный выпрямитель на диоде V9 со стабилизатором напряжения на стабилитроне V10. Транзисторы П309 (V4 — V8) можно заменить на П307, П308, КТ601А, КТ605А, КТ605Б. Осветителями служат три лампы накаливания МН26-0,12, расположенные напротив фотодиодов на расстоянии не более 5 см. Фотодиоды V1 — V3 могут быть также типов ФД-1, ФД-2, но в этом случае придется несколько увеличить мощность осветителей.

Цифры, которые может "читать" перцептрон, должны быть нарисованы черной краской на пластинке прозрачного органического стекла. Краску можно заменить полосками черной бумаги, приклеив их к пластинке.

Все элементы перцептрона гальванически связаны с электроосветительной сетью, поэтому при работе с ним надо соблюдать особую осторожность.

Автомат — регулятор освещения

В залах кинотеатров свет перед началом показа фильма гаснет плавно. Чаще всего это делают с помощью мощных реостатов, электродвигателей, магнитных пускателей. Надежность таких устройств, к сожалению, невысока. Где же выход? Выход — в применении бесконтактных коммутирующих элементов — тринисторов.

Структурная схема получившегося автомата показана на рис. 58. Его основа — генератор пилообразного напряжения (ГПН), синхронизированный сигналом электросети. Напряжение с генератора поступает на сравнивающее устройство (СУ), куда одновременно подается и сигнал управляющего устройства (УУ) в виде плавно увеличивающегося или уменьшающегося напряжения. Если мгновенные значения напряжений ГПН и УУ равны, на выходе сравнивающего устройства появляется сигнал, усиливаемый далее по мощности усилителем (УМ) и поступающий на тринисторный ключ (ТК) — он и регулирует мощность в нагрузке.

Принципиальная схема автомата и временны́е диаграммы, иллюстрирующие характер процессов в различных его цепях, показаны на рис. 59.

Генератор пилообразного напряжения собран на транзисторе V17. Через резистор R2 на базу этого транзистора подается открывающее его постоянное напряжение (линия Б на диаграмме 1), а через резистор R3 — закрывающее транзистор напряжение двухполупериодного выпрямителя, собранного на диодах V5 — V8 (кривая А, рис. 59, *б*). Диод V16 ограничивает амплитуду закрывающего напряжения. Соп-

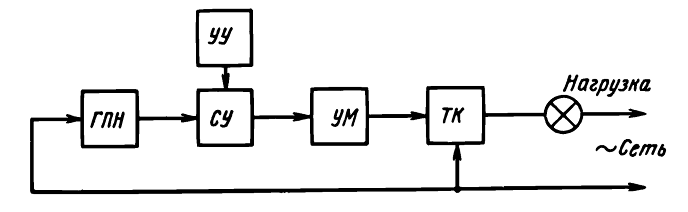


Рис. Структурная схема автомата-регулятора освещения

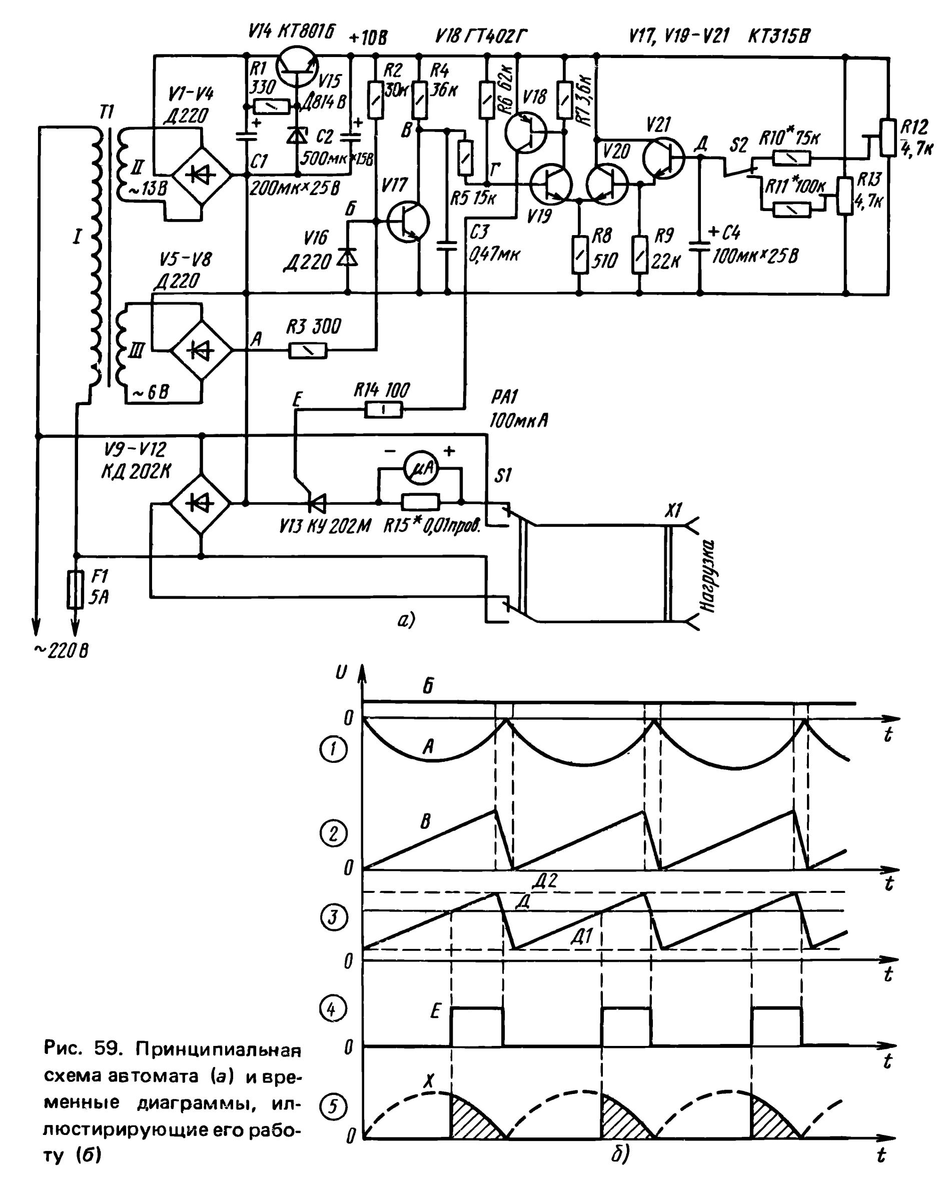


Рис. 59. Принципиальная схема автомата (*а*) и временные диаграммы, иллюстрирующие его работу (*б*)

ротивления резисторов R2 и R3 выбраны такими, чтобы транзистор бо́льшую часть времени был закрыт. Конденсатор С3 при этом заряжается через резистор R4. Но в момент приближения сетевого напряжения к нулевому значению (в конце каждого полупериода) транзистор V17 открывается и через него конденсатор С3 разряжается. В результате в точке В (кривая 2, рис. 59, *б*) формируется пилообразное напряжение.

Через резистор R5 пилообразное напряжение поступает на один из входов дифференциального каскада (точка Г), выполненного на транзисторах V19 – V21 и

играющего роль сравнивающего устройства. Поскольку на базу транзистора V19 подается через резистор R6 еще и постоянное напряжение, "пила" оказывается смещенной на 1 . . . 3 В относительно потенциала общего провода (это видно на диаграмме 3). На другой вход дифференциального каскада (точка Д) подается с конденсатора С4 управляющее напряжение, которое можно изменять переключателем S2 и подстроечными резисторами R12 и R13. Как только пилообразное напряжение на базе транзистора V19 достигнет амплитуды, равной управляющему напряжению на базе транзистора V21, транзистор V19 откроется. Вслед за ним откроются транзистор V18 (усилитель мощности) и тринистор V13 (диаграмма 4). С этого момента и до конца полупериода на нагрузку будет подаваться выпрямленное напряжение сети (диаграмма 5).

Естественно, чем меньше управляющее напряжение на конденсаторе С4, тем раньше откроется тринистор V3, а значит, тем бо́льшая мощность будет выделяться на нагрузке, подключенной к разъему X1, тем ярче будут светиться лампы. Плавно изменяя напряжение на конденсаторе от основания "пилы" до ее вершины (соответственно линии Д1 и Д2 на диаграмме 3) и наоборот, можно или плавно гасить лампы, или так же плавно зажигать их. Когда замыкающий контакт переключателя S2 находится в нижнем (по схеме) положении, лампы плавно гаснут, а когда в верхнем положении — плавно зажигаются. В случае неисправности автомата, в аварийной ситуации или при продолжительном включении света нагрузку подключают непосредственно к сети переключателем S1. Средний ток через нагрузку в режиме автоматического регулирования контролируют стрелочным индикатором PA1, зашунтированным резистором R15.

Для питания узлов автомата постоянным током применен стабилизированный блок, состоящий из двухполупериодного выпрямителя на диодах V1 — V4 и стабилизатора напряжения на стабилитроне V15 и транзисторе V14.

В регуляторе применены постоянные резисторы типов МЛТ-0,25 и МЛТ-1,0 (R14), подстроечные (R12, R13) — типа СПО-0,25. Конденсаторы С1, С2 и С4 — типа К50-6; С3 — типа КМ-6. Диоды Д220 можно заменить на диоды серий Д9, Д223, Д311 с любыми буквенными индексами; КД202К — на КД202М, КД202Р, а также на любые из серий Д246 — Д248; тринистор КУ202М — на КУ202К — КУ202Н. Вместо транзистора КТ801Б подойдут любые транзисторы серий КТ608, КТ807; вместо КТ315В — любые транзисторы серий КТ301, КТ312, КТ315 (статический коэффициент передачи тока транзисторов V20, V21 должен быть не менее 50); вместо ГТ402Г — любой из серий ГТ402, ГТ403, П213 — П217, КТ814. Транзистор V14 установлен на радиаторе с площадью поверхности 30 . . . 35 см^2, диоды V9 — V12 и тринистор V13 — на трех ребристых радиаторах (торговое название — РДЕ11) с поверхностью охлаждения около 200 см^2 каждый. Причем одна из пар диодов выпрямительного моста электрически изолирована от радиатора тонкой слюдяной прокладкой.

Сетевой трансформатор Т1 выполнен на магнитопроводе ШЛ16Х20. Его обмотка I содержит 2860 витков провода ПЭВ-2 0,12, обмотка II — 180 витков ПЭВ-2 0,29, обмотка III — 80 витков провода ПЭВ-2 0,15.

Детали автомата смонтированы на печатной плате (рис. 60) из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 . . . 2 мм, которая укреплена в корпусе размерами 250Х210Х80 мм. На лицевой панели корпуса размещены: стрелочный индикатор PA1 (микроамперметр М4204 на ток полного отклонения стрелки 100 мкА сопротивлением рамки постоянному току 850 Ом), переключатели (S1, S2) и разъем X1 (гнезда-зажимы) для подключения нагрузки. Держатель предохранителя F1 находится на задней стенке корпуса. Проволочный резистор R15, являющийся шунтом микроамперметра PA1, припаян непосредственно к выводам прибора. Этот резистор самодельный: намотан проводом ПЭВ-2 0,6 . . . 0,8 на корпус резистора МЛТ-2,0 любого номинала.

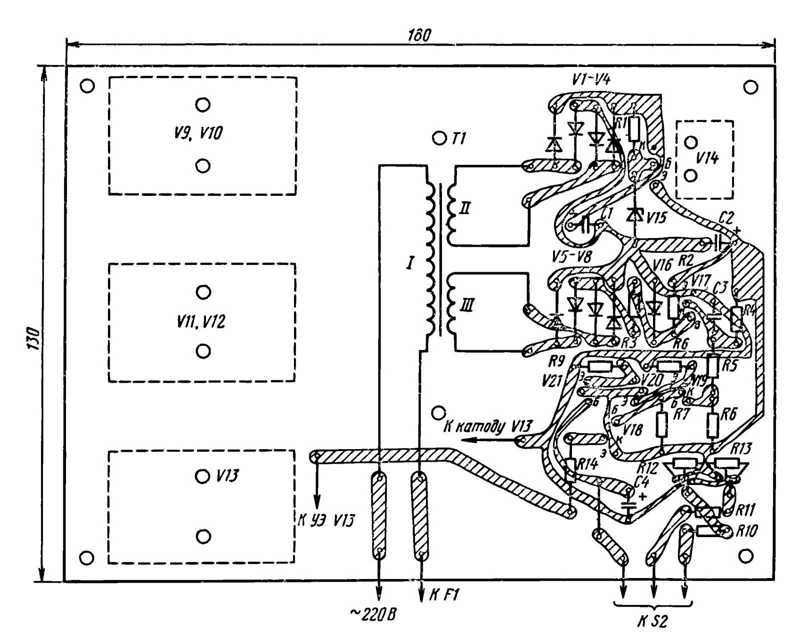


Рис. 60. Печатная плата и схема размещения на ней деталей

При монтаже устройства особое внимание следует уделить цепям нагрузки — они должны быть выполнены проводом сечением не менее 1 мм^2.

Приступая к налаживанию, к разъему X1 подключают лампу, например настольную мощностью 100 . . . 150 Вт. Переключатели S1 и S2 устанавливают в верхнее (по схеме) положение, а резистор R10 замыкают накоротко проволочной перемычкой. Включают автомат в сеть и перемещают движок резистора R12 из одного крайнего положения в другое — яркость свечения контрольной лампы должна изменяться от максимальной до полного гашения. Подключив вольтметр постоянного тока между общим проводом и движком резистора, измеряют напряжение, соответствующее моменту гашения лампы и ее максимальной яркости (дополнительно желательно подключить параллельно нагрузке вольтметр постоянного тока). Затем на движке резистора устанавливают напряжение, меньшее на 1,5 В получившегося напряжения полного зажигания лампы, а на движке резистора R13 — напряжение, на столько же большее напряжения ее гашения. После этого удаляют перемычку с резистора R10 и изменением положения переключателя S2 убеждаются в нормальной работе автомата.

Нужную длительность зажигания или гашения света устанавливают подбором резисторов R10 и R11 соответственно.

Сопротивление шунта R15 подбирают таким, чтобы стрелка индикатора PA1 отклонялась на середину шкалы при токе через нагрузку, равном 5 А.

При налаживании автомата следует помнить, что цепи его находятся под напряжением сети. Замену деталей можно производить только при отключении автомата от сети.

Автомат рассчитан на регулирование яркости свечения электроламп общей

мощностью до 1000 Вт. Чтобы мощность нагрузки увеличить до 2000 Вт, тиристор V13 и диоды V9 – V12 выпрямителя надо установить на радиаторы с большей охлаждающей поверхностью.

"Лотерея"

Само название этого прибора говорит о том, что предназначен он для проведения различных лотерей, например книжных. Розыгрыш лимитированных изданий нередко производят таким образом. В большой барабан кладут жетоны с номерами участников лотереи. Затем кто-либо вынимает из барабана столько жетонов, сколько экземпляров изданий имеется в магазине. Номера, указанные на этих жетонах, являются выигрышными, и счастливые их обладатели идут в магазин за покупкой.

Такой способ проведения лотерей не всегда удобен – ведь жетонов может быть несколько сотен и даже тысяч! Прибор, описание которого приведено ниже, позволяет упростить процесс проведения лотерей.

Схема такого автомата показана на рис. 61. Его основой служит трехдекадный счетчик, собранный на микросхемах D2 – D7 и газоразрядных цифровых индикаторах H2 – H4. На элементах D1.1 – D1.3 микросхемы D1 собран генератор. При подаче питания на прибор и нажатии кнопки S3 "Запуск" генератор вырабатывает прямоугольные импульсы частотой около 30 кГц, которые поступают на вход электронного счетчика (вывод 14 микросхемы D2). За время удержания кнопки пальцем (1 . . . 3 с) счетчик многократно переполняется, поэтому число, высвечиваемое индикаторами H2 – H4 после отпускания кнопки, практически случайное.

В исходное (нулевое) состояние счетчик устанавливают нажатием кнопки S4 "Сброс", хотя делать это в некоторых случаях не обязательно – ведь после следующего нажатия и отпускания кнопки S3 индикаторы вновь высветят случайное число, не зависящее от первоначального состояния счетчика.

Кнопку S3 "запуск" нажимают столько раз, сколько случайных чисел необходимо получить. Переключателем S2 "Разряды" устанавливают необходимое число разрядов в случайном числе – 1, 2 или 3.

Микросхемы питаются от стабилизированного источника постоянного напряжения, состоящего из сетевого трансформатора T1, двухполупериодного выпрямителя на диодах V1 – V4 и стабилизатора напряжения на стабилитроне V6 и транзисторе V5. Конденсаторы C1, C4, C6 защищают счетчик от сетевых помех, из-за которых иногда наблюдается самопроизвольное переключение цифр на табло.

Цифровые индикаторы питаются от сети через диоды V7 – V9 и резисторы R3 – R5, от номиналов которых зависит яркость свечения цифр индикатора.

Все резисторы – типа МЛТ. Конденсатор C1 – БМТ-2, МБМ или БМ-2; C2, C3 – К50-6, К50-3; C4 – C6 – КМ-6, КЛС, К10-7. В выпрямителе могут работать любые диоды серий Д7, Д226; вместо диодов Д226Б (V7 – V9) подойдут Д7Ж, Д209 – Д211, Д205. Транзистор V5 – типов ГТ402, ГТ403, П213 – П217 с любым буквенным индексом; его желательно установить на радиатор. Лампа накаливания H1, являющаяся индикатором включения питания, – типа НСМ6, 3-20. Цифровые газоразрядные индикаторы ИН-18 можно заменить на ИН-1, ИН-4, ИН-14, но в этом случае придется подобрать разисторы R3 – R5 для получения нужной яркости свечения. Кнопочные переключатели S3 и S4 – КМ1-1, П2К; выключатель S1, переключатель S2 и разъем X1 могут быть любых конструкций. Трансформатор T1 – на мощность не менее 5 Вт, понижающий напряжение сети до 8 . . . 12 В. Можно использовать унифицированный выходной трансформатор кадровой развертки телевизоров типа ТВК-70.

Детали блока питания (по схеме – выше разъема X1) монтируют в отдельном

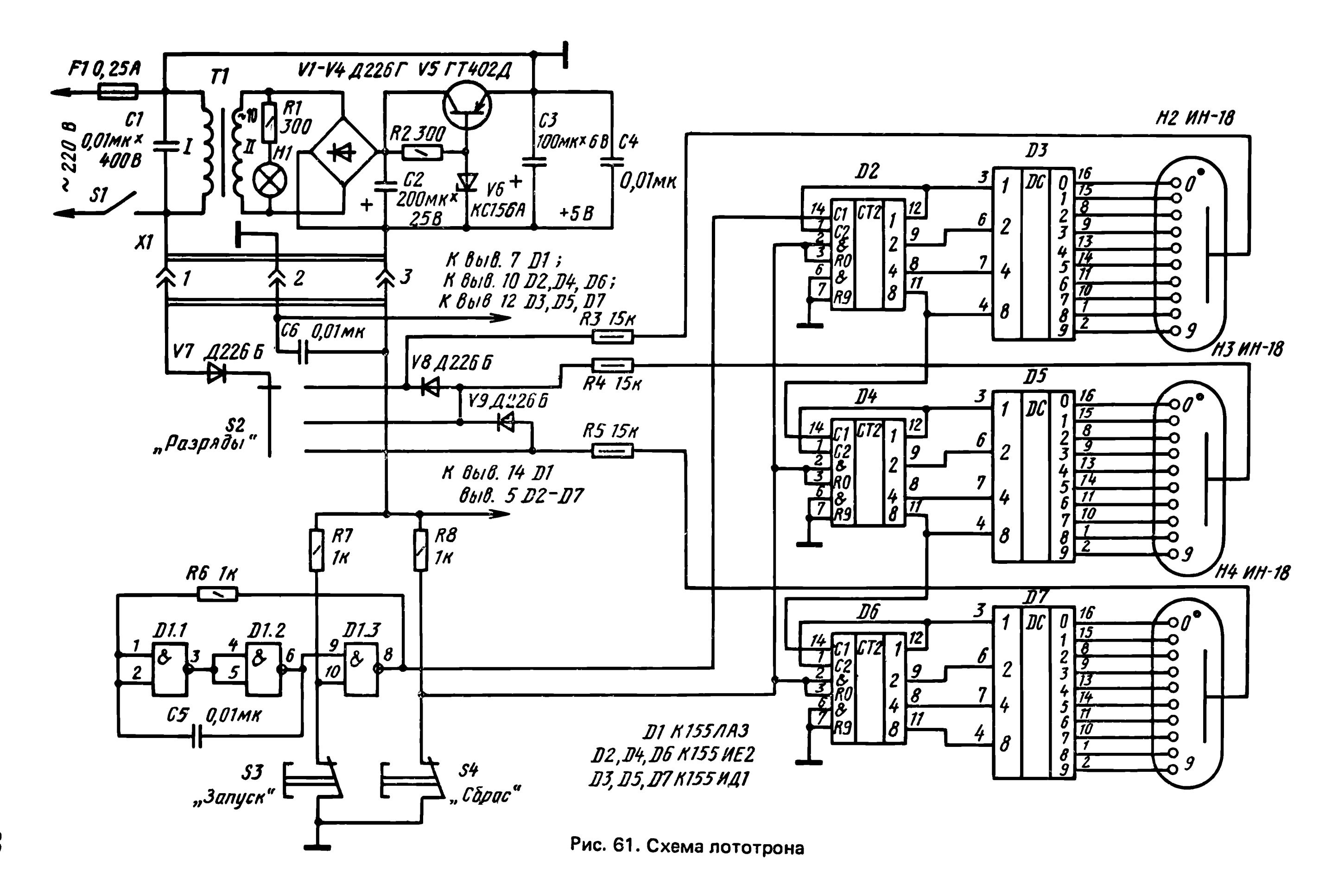


Рис. 61. Схема лототрона

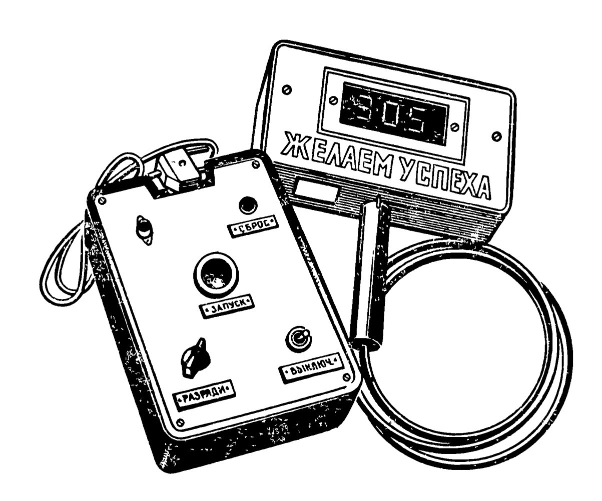


Рис. 62. Внешний вид лототрона

корпусе (рис. 62), остальные детали размещают в корпусе выносного табло, которое соединяют с блоком питания трехжильным кабелем. Безошибочно смонтированный автомат не требует никакого налаживания.

Напоминаем: детали автомата имеют непосредственный контакт с электроосветительной сетью, поэтому, пользуясь им, необходимо соблюдать меры безопасности. Ни в коем случае нельзя соединять корпусы блока питания и выносного табло с общим проводом сети. Органы управления (выключатель питания, переключатели, кнопки) должны быть надежно изолированы от металлического корпуса. Во время проверки монтажа, при замене деталей автомат должен быть отключен от электросети!

Устройства для зарядки аккумуляторных батарей

Соблюдение режима эксплуатации аккумуляторных батарей, и в частности режима зарядки, гарантирует их безотказную работу в течение всего срока службы. Зарядку аккумуляторных батарей производят вполне определенным током значение которого можно определить по формуле

$I \times 0{,}1Q$ — для кислотных аккумуляторных батарей

или

$I = 0{,}25Q$ — для щелочных аккумуляторных батарей.

Здесь Q — паспортная электрическая емкость аккумуляторной батареи в ампер-часах, I — средний зарядный ток в амперах.

Установлено, что зарядка чрезмерно большим током приводит к деформации пластин аккумуляторов и даже разрушению их; зарядка малым током вызывает сульфатацию пластин и снижение емкости аккумуляторной батареи. Зарядный ток, рекомендуемый в инструкции по эксплуатации аккумуляторной батареи, обеспечивает оптимальное протекание электрохимических процессов в ней и нормальную работу в течение длительного времени. Степень заряженности аккумуляторной батареи можно контролировать как по значению плотности электролита и напряжению (для кислотных), так и по напряжению (для щелочных) на полюсных выводах.

Окончание зарядки кислотной аккумуляторной батареи определяют по следую-

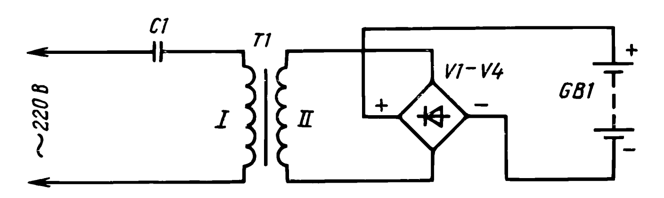


Рис. 63. Упрощенная схема зарядного устройства

щим признакам: напряжение на каждом аккумуляторе батареи достигает 2,5 . . . 2,6 В; плотность электролита достигает определенного значения и больше не изменяется; происходит обильное газовыделение — электролит "кипит"; электрическая емкость, сообщенная батарее, на 15 . . . 20 % больше емкости, отданной в процессе разрядки.

Кислотные аккумуляторные батареи чувствительны к недозарядкам и перезарядкам, поэтому своевременно надо заканчивать их зарядку.

Щелочные аккумуляторные батареи менее критичны к режиму эксплуатации. Для них окончание зарядки характеризуется установлением на каждом аккумуляторе напряжения 1,6 . . . 1,7 В и сообщением батарее 150 . . . 160 % емкости, отданной ею в процессе разрядки.

Зарядное устройство обычно состоит из понижающего трансформатора, выпрямителя и регулятора тока зарядки. В качестве регуляторов тока обычно используют проволочные реостаты и транзисторные стабилизаторы тока. В обоих случаях на этих элементах выделяется значительная тепловая мощность, что снижает КПД зарядного устройства и увеличивает вероятность выхода его из строя.

Для регулировки зарядного тока можно использовать магазин конденсаторов, включаемых последовательно с первичной (сетевой) обмоткой трансформатора и выполняющих функцию реактивных сопротивлений, гасящих избыточное напряжение сети. Упрощенная схема такого устройства приведена на рис. 63. В нем тепловая (активная) мощность выделяется лишь на диодах V1 — V4 выпрямительного моста и в трансформаторе, поэтому нагрев устройства незначителен. Ток зарядки аккумуляторной батареи GB1 поддерживается на определенном уровне. В процессе зарядки напряжение на батарее увеличивается, а ток, текущий через нее, стремится уменьшиться. Но при этом возрастает приведенное сопротивление первичной обмотки трансформатора T1, напряжение на ней увеличивается, в результате чего ток через батарею GB1 меняется незначительно.

Как показывают расчеты, наибольшее значение тока через аккумуляторную батарею при заданной емкости конденсатора C1 будет при равенстве падений напряжения на этом конденсаторе и первичной обмотке трансформатора. Первичную обмотку рассчитывают на полное напряжение сети для большей надежности устройства и применения готовых понижающих трансформаторов. Вторичную обмотку рассчитывают на напряжение в полтора раза большее, чем номинальное напряжение нагрузки.

В соответствии с этими рекомендациями и расчетами было собрано устройство, обеспечивающее зарядку 12-вольтовых аккумуляторных батарей током до 15 А, причем ток зарядки можно изменять от 1 до 15 А ступенями через 1 А. Предусмотрена возможность автоматического выключения устройства, когда батарея полностью зарядится. Устройство не боится кратковременных коротких замыканий в цепи нагрузки и обрывов в ней.

Его схема приведена на рис. 64. Магазин конденсаторов состоит из конденсаторов C1 — C4, суммарная емкость которых составляет 37,5 мкФ. Тумблерами S2 — S5

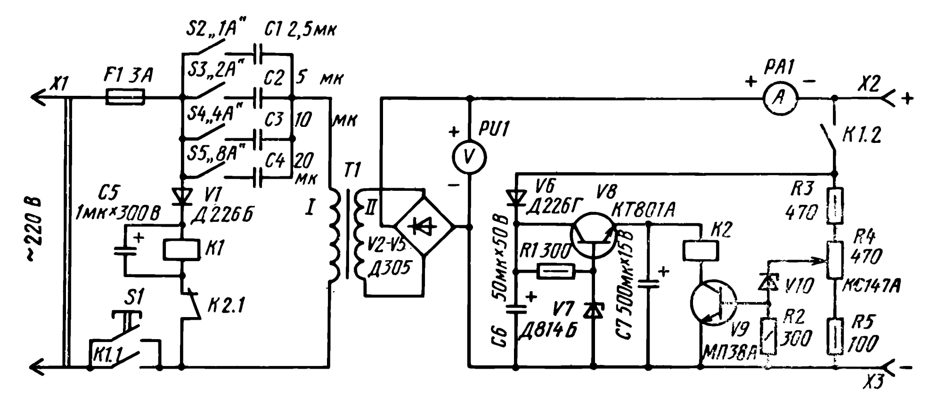


Рис. 64. Схема зарядного устройства

можно подключать различные комбинации конденсаторов и тем самым регулировать ток зарядки. Например, для тока зарядки, равного 11 А, необходимо замкнуть контакты тумблеров S2, S3 и S5.

Как работает устройство? Допустим, что к зажимам X2 и X3 подключена аккумуляторная батарея и тумблерами S2 — S5 установлен требуемый зарядный ток. В этом случае при нажатии кнопки S1 "Пуск" сработает реле K1, контактами K1.1 оно заблокирует кнопку S1, а контактами K1.2 подключит к заряжаемой батарее цепь автоматического отключения устройства. Контакты K1.2 необходимы для того, чтобы батарея не разряжалась после отключения устройства от сети через диод V6 и резисторы R3 — R5. Переменным резистором R4 устанавливают порог срабатывания реле K2 (оно должно срабатывать при напряжении на гнездах X2 и X3, равном напряжению полностью заряженной батареи). Когда напряжение батареи достигнет заданного значения, откроются стабилитрон V10 и транзистор V9. При этом сработает реле K2, которое контактами K2.1 обесточит обмотку реле K1, а оно, отпуская, контактами K1.1 разорвет цепь питания устройства. При нарушении контакта в цепи нагрузки напряжение на гнездах X2 и X3 резко возрастет, отчего также сработает реле K2 и отключит устройство от сети.

Аварийное оключение устройства происходит при любом положении движка переменного резистора R4. Но такие случаи нежелательны, так как в течение времени срабатывания реле K2 и отпускания реле K1 конденсаторы C1 — C4 будут находиться под повышенным напряжением (превышающем сетевое). Поэтому зарядное устройство следует включать в сеть лишь после того, как аккумуляторная батарея подсоединена к выходым гнездам. При коротком замыкании в цепи нагрузки ток через гнезда X2 и X3 несколько увеличивается, но для устройства это не страшно.

Все постоянные резисторы устройства — типа МЛТ-0,5; переменный резистор R4 — типа СП-1. Вместо транзистора КТ801 (V8) можно применить КТ602, КТ603, П702 с любыми буквенными индексами, вместо транзистора МП38А (V9) — КТ315, КТ312, КТ601 — КТ603 с любыми буквами. Измерительные приборы PA1 и PU1 — типа М5-2, рассчитанные соответственно на ток 30 А и напряжение 30 В. Реле K1 — типа РС-13 (паспорт РС4.523.029), его контакты K1.1 — параллельно соединенные три группы контактов. Возможно применение реле типа МКУ-48, рассчитанного на переменное напряжение 220 В. В этом случае надобность в диоде V1 и конденсаторе C5 отпадает. Реле K2 — типа РЭС-22 (паспорт РФ4.500.129). Диоды Д305 двухполупериодного выпрямителя установлены на радиаторе с поверхностью охлаждения 300 см^2, от радиатора они электрически изолированы слюдяными прокладка-

ми. Радиатор крепится к шасси из дюралюминия, которое является как бы продолжением радиатора.

Вместо диодов Д305 можно применить Д214, Д242, но в этом случае в три-четыре раза возрастет тепловая мощность, рассеиваемая на них, поэтому размеры радиатора придется увеличить. Конденсаторы С1 — С4 составлены из параллельно соединенных конденсаторов КБГ-МН, МБГЧ, МБГО, МБГП, МБМ соответствующих емкостей. Номинальное напряжение конденсаторов КБГ-МН и МБГЧ, рассчитанных на работу в цепях переменного тока, должно быть не менее 350 В, всех других типов конденсаторов — не менее 600 В. Конденсаторы С5 — С7 — типов К50-3, ЭГЦ. Тумблеры S2 – S5 — типа ТВ2-1-2 или ТП1-2.

Сетевой трансформатор Т1 выполнен на магнитопроводе ШЛ32Х32. Обмотка I содержит 880 витков провода ПЭВ-1 0,86, обмотка II — 95 витков провода ПБД 2,63. Вторичную обмотку можно выполнять несколькими проводами меньшего диаметра, сложенными вместе.

В качестве корпуса зарядного устройства можно использовать металлическую коробку размерами 360Х220Х220 мм, просверлив в ее стенках отверстия для свободной циркуляции воздуха.

Налаживание смонтированного устройства сводится к подбору шунта амперметра РА1 на ток 30 А и подбору емкостей конденсаторов С1 — С4, обеспечивающих требуемые зарядные токи.

При зарядке 12-вольтовых аккумуляторных батарей током 15 А КПД устройства достигает 75 %, а температура внутри корпуса после 10 ч непрерывной работы не поднимается выше 40° С.

Такое устройство можно применять и для зарядки аккумуляторных батарей с напряжением менее 12 В, например мотоциклетных. Но тогда надписи возле тумблеров S2 — S5 не будут соответствовать фактическим значениям зарядных токов. Фактический зарядный ток в этом случае не должен превышать 15 А.

Это зарядное устройство можно дополнить измерителем заряда, сообщенного аккумулятору. Принцип работы такого измерителя заряда может быть основан на преобразовании напряжения в частоту (схемы преобразователей "напряжение — частота" нередко приводятся в журнале "Радио"). А напряжение следует снимать с резистора небольшого сопротивления (0,05 . . . 0,1 Ом), включенного в цепь зарядки аккумулятора. При наличии цифрового счетчика заряда несложно обеспечить автоматическое отключение устройства от сети при сообщении батарее заданного заряда.

На рис. 65 приведена схема еще одного варианта зарядного устройства. Его преимущества перед описанным выше: не боится обрывов в цепи нагрузки, занимает меньше места, позволяет плавно регулировать ток и поддерживать его неизменным при изменении напряжения в сети и на зажимах аккумуляторной батареи. Это устройство можно использовать не только для зарядки аккумуляторов, но и во всех других случаях, когда сопротивление нагрузки изменяется, а ток должен оставаться неизменным (например, для электролиза, который радиолюбители используют для травления печатных плат, для нанесения покрытий на металлические детали).

Основные характеристики такого зарядного устройства

Максимальный ток нагрузки, А 7

Максимальное напряжение на нагрузке, В 16

Коэффициент стабилизации по току нагрузки

$K_{ст} = \frac{\Delta U_{вх}}{U_{вх}} \Big/ \frac{\Delta I_{вых}}{I_{вых}}$, не менее 200

Коэффициент полезного действия, %, не менее 70

Рассмотрим работу устройства по его принципиальной схеме. Если внимательно посмотреть на схему, то можно увидеть, что она во многом напоминает схему автомата-регулятора освещения (см. рис. 59). В стабилизированный регулятор тока дополнительно введен узел на операционном усилителе A1. В этом узле происходит сравнение значения тока, протекающего через нагрузку, с некоторым заданным, и формируется сигнал управления углом открывания тринистора V15.

Напряжение, пропорциональное току нагрузки, снимается с резисторов R17, R18 — датчиков тока и подается через резистор R16 на неинвертирующий вход операционного усилителя (ОУ) (вывод 10 микросхемы A1). На инвертирующий вход ОУ (вывод 9) поступает образцовое (задающее) напряжение с движка переменного резистора R13.

Допустим, что по какой-либо причине ток через нагрузку увеличился. При этом увеличилось напряжение, поданное на неинвертирующий вход операционного усилителя. Сигнал рассогласования усиливается и с его выхода через резистор R15 подается на вход дифференциального каскада (база транзистора V13). В данном случае напряжение на базе V13 увеличивается, что увеличивает угол открывания тринистора V15, и ток через нагрузку уменьшается. Таким образом, за счет применения отрицательной обратной связи по току нагрузки значение этого тока поддерживается на заданном уровне.

Конденсаторы C5 и C7 сглаживают пульсации напряжения, снимаемого с датчика тока. Резисторы R11 и R14 обеспечивают подачу небольшого отрицательного (десятки милливольт) напряжения на инвертирующий вход ОУ в нижнем (по схеме) положении движка переменного резистора R13. Это позволяет регулировать ток нагрузки практически от нуля. Конденсатор C6 повышает устойчивость работы операционного усилителя.

Элементы устройства питаются от стабилизированных выпрямителей напряжением +12 и −12 В. Стабилизатор +12 В, от которого питается бо́льшая часть элементов, выполнен на стабилитроне V3 и транзисторе V2. Стабилизатор −12 В, от которого питается только одно плечо операционного усилителя и частично цепь образцового напряжения, выполнен на стабилитроне V14 и резисторе R6.

Микросхему К140УД1Б можно заменить на К140УД5, К140УД6, К140УД7, К153УД2 (с соответствующей цепью коррекции). Транзистор V2 — любой из серий КТ603, КТ608, КТ801, КТ807, КТ815; V8, V12, V13 — любые из серий КТ312, КТ315, КТ316, КТ201; V11 — любой из серий КТ814, КТ208, КТ503. Конденсаторы C1, C2, C4, C5, C7 — типов К50-6, К50-12 или К50-20; C3, C6 — КМ-6, К10-7в, КЛС. Резисторы R17 и R18 — типов С5-16В-2 Вт, R13 — типов СП-1, СП-0,4, остальные — типа МЛТ.

Диоды Д305 (V4 — V7) можно заменить на любые из серий Д242 — Д248, но в этом случае в 3 . . . 5 раз возрастет рассеиваемая на каждом диоде тепловая мощность, и размеры радиаторов придется увеличивать. Амперметр PA1 — прибор типа М5-2 со шкалой на 10 А.

Трансформатор T1 — стандартный типа ТС-180 (магнитопровод ПЛ20×40×50). Все вторичные обмотки в нем удалены, а намотаны обмотки II и III. Обмотка II содержит 120 витков провода ПЭВ-2 0,25 с отводом от середины, обмотка III — 90 витков провода ПЭВ-2 1,95.

Бо́льшая часть элементов устройства смонтирована на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита (рис. 66). Диоды V4 — V7 установлены на радиаторах (четыре дюралюминиевые пластины площадью по 30 . . . 40 см^2 каждая), тринистор V15 — на пластине площадью 200 см^2.

Прибор смонтирован в корпусе размерами 300×190×160 мм (использован корпус от лампового вольтметра ВК7-9).

Налаживание стабилизатора тока несложное. К выходным зажимам подключают

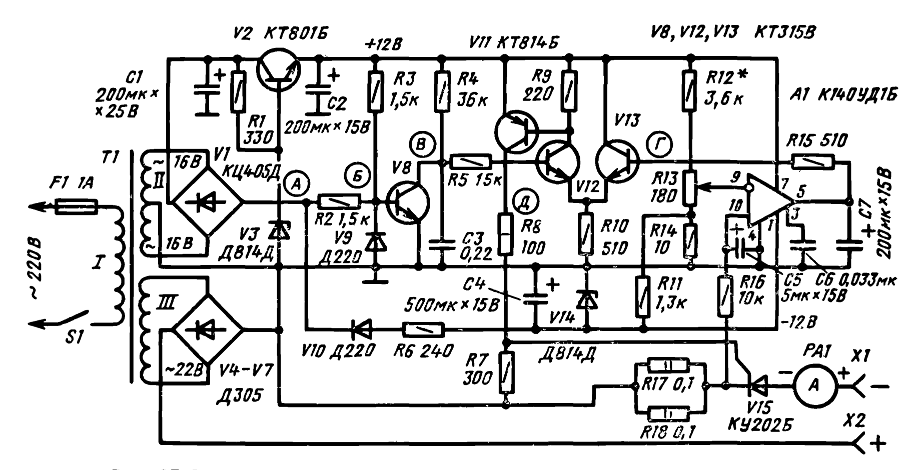


Рис. 65. Схема зарядного устройства с тринисторным стабилизатором тока

а)

б)

Рис. 66. Монтажная плата зарядного устройства:
а — расположение печатных проводников; *б* — расположение деталей на плате

нагрузку — проволочный резистор сопротивлением 1 . . . 2 Ом и мощностью не менее 100 Вт (удобно использовать нихромовую проволоку диаметром 0,5 . . . 1 мм). Движок переменного резистора R13 устанавливают в верхнее (по схеме) положение и подбором резистора R12 устанавливают ток через нагрузку равным 7 А. При вращении оси переменного резистора ток должен плавно уменьшаться до нуля.

Проверить работу узла стабилизации тока можно следующим образом. Устанавливают определенный ток через нагрузку (скажем, 5 А), а затем замыкают накоротко гнезда X1 и X2. При этом ток через амперметр PA1 практически не должен измениться.

УСТРОЙСТВА, ЭКОНОМЯЩИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ

Все вы знаете, какое большое внимание уделяется сейчас вопросам экономии электроэнергии. Экономия — дело всех и каждого. Юные радиолюбители также смогут внести свой посильный вклад в решение этой задачи

Два регулятора мощности

Предположим, у вас есть электроплитка, а мощность ее не регулируется. Вот и горит спираль в полный накал тогда, когда достаточно и четверти номинальной мощности. А государство теряет драгоценные киловатт-часы. Выход есть — сделать к электроплитке регулятор мощности. Схема первого варианта регулятора представлена на рис. 67. Он позволяет регулировать мощность в нагрузке, рассчитанной на включение в сеть 220 В, от 5 . . . 10 % до 97 . . . 99 % номинальной мощности. Коэффициент полезного действия регулятора не менее 98 %.

Регулирующие элементы устройства — тринисторы V5 и V6 — включены последовательно с нагрузкой. Изменение мощности, потребляемой нагрузкой, достигается изменением угла открывания тринисторов.

Узел, обеспечивающий изменение угла открывания тринисторов, выполнен на однопереходном транзисторе V4. Конденсатор C1, соединенный с эмиттером транзистора, заряжается через резисторы R2 и R3. Как только напряжение на обкладках конденсатора достигнет определенного значения, однопереходный транзистор откроется, через обмотку I трансформатора T1 пройдет короткий импульс тока. Импульсы с обмотки II и III трансформатора откроют тринистор V5 или V6 — в зависимости от фазы сетевого напряжения, и с этого момента до конца полупериода через нагрузку будет протекать ток. Изменяя сопротивление резистора R3, можно регулировать скорость зарядки конденсатора C1 и, следовательно, угол открывания тринисторов и среднюю мощность в нагрузке.

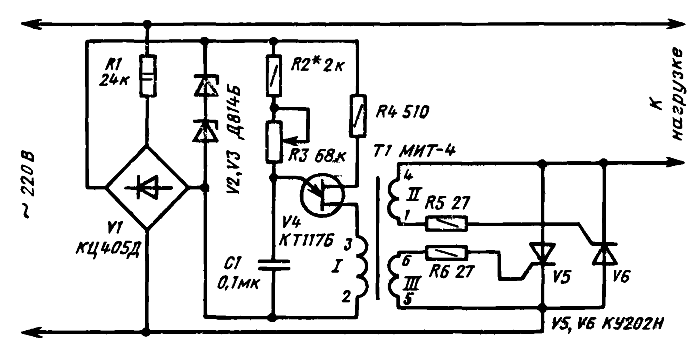


Рис. 67. Схема регулятора мощности для электроплитки

Узел регулирования угла открывания тринисторов питается от двухполупериодного выпрямителя, выполненного по мостовой схеме (V1). Напряжение на однопереходном транзисторе ограничено стабилитронами V2, V3. Конденсатор фильтра здесь отсутствует — в нем нет необходимости.

Однопереходный транзистор КТ117 можно применять с буквами А и Б. Можно использовать также аналог однопереходного транзистора, выполненный на двух биполярных транзисторах разной структуры (см. рис. 44). Мостовой выпрямитель V1 может быть типов КЦ402, КЦ405 с любыми буквами. Можно также применить четыре диода типов Д226, Д310, Д311, Д7 с любыми буквами, включив их по схеме выпрямительного моста. При замене тринисторов V5, V6 на другие типы следует помнить, что они должны быть рассчитаны на подачу как прямого, так и обратного напряжения не менее 400 В. Трансформатор Т1 — типа МИТ-4 или МИТ-10. Самодельный трансформатор можно выполнить на ферритовом кольцевом магнитопроводе М2000НМ, типоразмер К20Х10Х6. Все обмотки выполнены проводом ПЭВ-1 0,31 и содержат по 40 витков. Намотка ведется одновременно в три провода, причем витки равномерно распределяются по телу кольца магнитопровода.

Тринисторы V5 и V6 устанавливают на радиаторы с поверхностью охлаждения не менее 200 см^2 каждый. При этом максимальная мощность нагрузки может составлять 2 кВт.

Настройка регулятора мощности заключается в подборе резистора R2 по максимальной мощности в нагрузке. Резистор R3 при этом временно замыкают проволочной перемычкой. Момент отдачи в нагрузку максимальной мощности лучше всего контролировать по осциллографу. В случае применения самодельного трансформатора Т1 следует подобрать нужную полярность подключения выводов обмоток.

Регулятор мощности можно использовать также совместно с маломощными электропечами, лампами накаливания и другими активными нагрузками.

Но описанному здесь тринисторному регулятору мощности, а также и автомату-выключателю освещения, и тринисторному стабилизатору тока присущ недостаток — высокий уровень помех, которые они наводят в питающей сети. Эти помехи возникают в моменты скачкообразного включения тринистора, отчего ток через нагрузку резко изменяется. Коммутационные помехи распространяются не только через сеть, вызывая неустойчивую работу различных приборов (электронных часов, вычислительных машин и пр.), но и мешают нормальной работе некоторых устройств, гальванически не связанных с сетью (так, в радиоприемнике, находящемся недалеко от тринисторных регуляторов, слышен треск помех). Поэтому уменьшение коммутационных помех в тринисторных регуляторах мощности является важной задачей.

Как же решить ее?

Наиболее доступным способом снижения помех является такой способ регулирования, при котором переключение тринистора происходит в моменты перехода сетевого напряжения через нуль. При этом мощность в нагрузке можно регулировать числом полных полупериодов, в течение которых через нагрузку протекает ток. Недостатком такого способа регулирования по сравнению с традиционными являются большие колебания мгновенных значений мощности в нагрузке в течение периода регулирования, который значительно больше периода синусоидального напряжения и может достигать нескольких секунд. Однако для таких инерционных потребителей энергии, как электрическая печь, утюг, электроплитка, мощный электромотор, этот недостаток не является определяющим.

На рис. 68 представлена схема регулятора, в котором выделение нужного числа импульсов осуществляется микросхемой К155ИЕ8 (D2). Она представляет собой делитель частоты с переменным коэффициентом деления. Подавая напряжения низ-

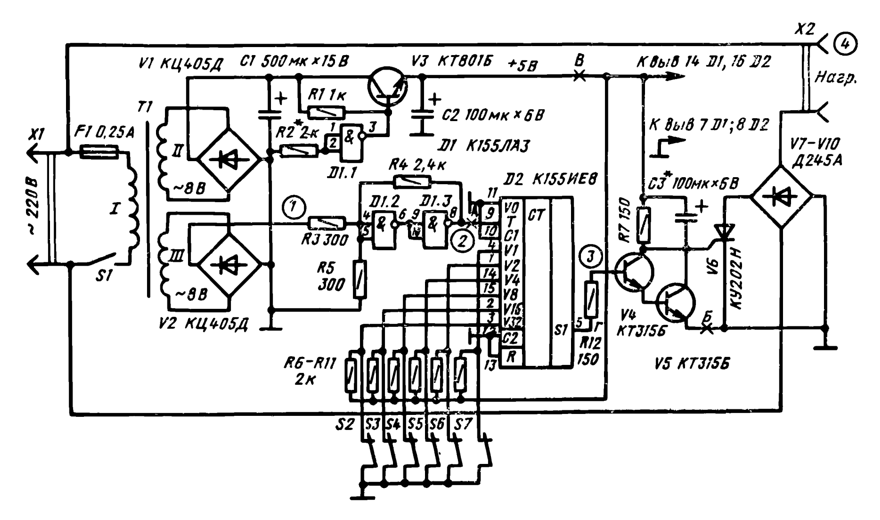


Рис. 68. Схема регулятора мощности с цифровым управлением

кого или высокого уровня на входы V1, V2, V4, V8, V16, V32, управляют выдачей импульсов на выход S1. Полный период работы счетчика состоит из 64 импульсов. Если, например, на входы V1, V2, V4, V8, V16, V32 подать напряжения, соответствующие логическим уровням 0, 1, 1, 0, 0, 1, для чего надо разомкнуть контакты выключателей S6, S5 и S2, то на выходе S1 счетчика сформируется 38 импульсов. Число импульсов определяет мощность, выделяемую в нагрузке регулятора. Требуемый режим работы счетчика обеспечен напряжением низкого уровня на входах V0, R, C1 и C2.

Тактовые импульсы частотой 100 Гц, управляющие работой счетчика, формируют логические элементы D1.2 и D1.3 из пульсирующего напряжения, снимаемого с выхода выпрямительного моста V2. Электронный ключ образован составным транзистором V4V5, тринистором V6 и диодным мостом V7 — V10. Когда на выходе S1 счетчика напряжения низкого уровня, транзисторы V4, V5 закрыты, а тринистор V6 открыт и через нагрузку протекает ток. Поскольку тринистор включен в диагональ выпрямительного моста V7 — V10, через нагрузку протекает переменный ток.

Временные диаграммы напряжения в различных точках регулятора мощности показаны на рис. 69.

Конденсатор C3 необходим для обеспечения открывания тринистора V6 в моменты перехода сетевого напряжения через нуль. Дело в том, что спад прямоугольных импульсов на выходе формирователя (диаграмма 2 на рис. 69) не совпадает с

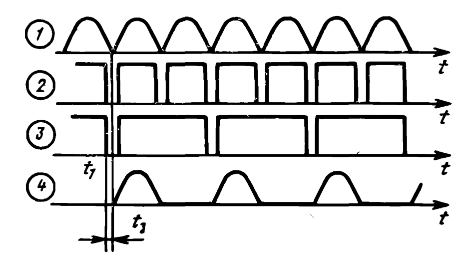


Рис. 69. Временные диаграммы, иллюстрирующие работу регулятора мощности

моментом перехода сетевого напряжения через нуль (диаграмма 1). Объясняется это тем, что напряжение переключения формирователя D1.2, D1.3 больше нуля. Конденсатор С3 обеспечивает задержку включения тринистора на время t_3 и тем самым исключает преждевременное его включение.

Микросхемы и мощный ключ питает двухполупериодный выпрямитель V1 со стабилизатором напряжения на транзисторе V3. Функцию образцового стабилитрона выполняет логический элемент D1.1.

Микросхему К155ЛА3 можно заменить на К158ЛА3. Транзистор КТ801Б — на КТ603, КТ604, КТ807, КТ815 с любыми буквами; транзисторы КТ315Б (V4, V5) — на любые из серий КТ312, КТ315, КТ201. Мощные диоды Д245А (V7 — V10) можно заменить на Д245, Д246, Д247, Д248 с любыми буквами. Конденсаторы — типов К50-6, К50-3, К50-12. Резисторы — типа МЛТ-0,25. Выключатели S1 — S7 — типов ТВ2-1, Т1, ТП1-2, П1Т, МТ и др.

Сетевой трансформатор Т1 выполнен на магнитопроводе Ш20Х20. Обмотка I содержит 2640 витков провода ПЭВ-2 0,11, II — 100 витков ПЭВ-2 0,25, обмотка III — 100 витков ПЭВ-2 0,15. Тринистор V6 снабжен радиатором с охлаждающей поверхностью не менее 200 см². Диоды V7 — V10 установлены на отдельных радиаторах с поверхностью не менее 50 см² каждый. Транзистор V3 также установлен на радиаторе с поверхностью охлаждения 10 . . . 20 см².

Налаживание регулятора начинают с установки напряжения стабилизатора, которое должно быть равно 5 В, подбором резистора R2. При этом микросхема D2 должна быть отключена. Затем, подключив к разъему X2 нагрузку, проверяют с помощью осциллографа форму напряжения в различных точках регулятора (оно должно соответствовать временным диаграммам рис. 69) и подбирают конденсатор С3 такой емкости, чтобы обеспечить требуемое время задержки. При отсутствии осциллографа этот конденсатор можно подобрать по минимальному уровню помех в транзисторном радиовещательном приемнике, размещенном возле проводов цепи нагрузки.

Максимальная мощность нагрузки 2 кВт.

На рис. 70 приведен вариант управляющей части регулятора с использованием двоично-десятичного счетчика К155ИЕ2 (D1) и дишифратора-демультиплексора К155ИД3 (D2). Работает регулятор следующим образом. При подаче импульсов частотой 100 Гц на вход С1 счетчика D1 на выходах дешифратора D2 последовательно появляется напряжение низкого уровня. При появлении этого напряжения на выводе 1 микросхемы D2 RS-триггер, собранный на логических элементах D3.1, D3.2 установится в состояние, соответствующее прохождению тока через нагрузку. Через несколько полупериодов напряжение низкого уровня появится на одном из выхо-

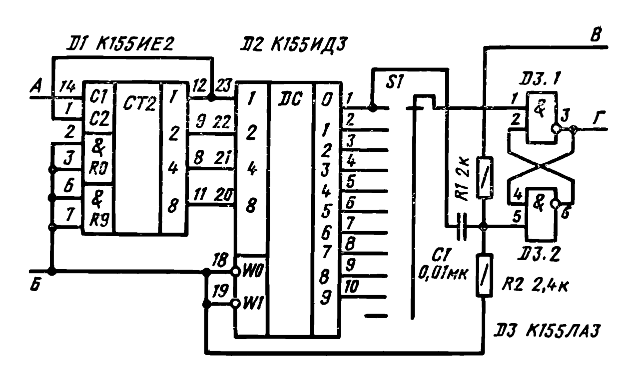


Рис. 70. Схема варианта управляющей части регулятора

дов дешифратора. При этом через подвижный контакт галетного переключателя S1 напряжение поступит на второй вход RS-триггера (вывод 1 микросхемы D3), переключит его в другое состояние, отчего ток через нагрузку прекратится.

Чем ниже (по схеме) находится подвижный контакт переключателя S1, тем бóльшая средняя мощность будет выделяться на нагрузке. При крайнем нижнем положении этого контакта RS-триггер переключаться не будет, нагрузка окажется включенной постоянно. При крайнем верхнем положении этого контакта триггер также не переключится, но в этом случае его состояние будет противоположным предыдущему, и нагрузка окажется выключенной. Таким образом, мощность в нагрузке можно регулировать ступенчато через 10 % от ее максимального значения.

Счетчик К155ИЕ2 можно заменить на К155ИЕ5, тогда период работы регулятора будет состоять не из 10, а из 16 тактовых импульсов, что позволит регулировать мощность более плавно. При этом не обязательно применять переключатель S1 на 17 положений — в области максимальных мощностей можно использовать не все выходы дешифратора, а, скажем, через один.

Автоматы лестничного освещения

Вы, наверное, знаете, что на освещение подъездов ночью тратится столько энергии, сколько вырабатывает Днепрогэс. Действительно, во всех многоэтажных домах свет на лестничных площадках бóльшую часть времени горит впустую.

Выход есть — нужно оснастить подъезды домов автоматами, включающими на непродолжительное время свет только тогда, когда в этом есть необходимость. Юные радиолюбители могут оказать огромную помощь родному городу, если сконструируют такие автоматы и установят их хотя бы в тех подъездах, где они живут.

Предлагаем два варианта автомата лестничного освещения (АЛО).

Схема первого из них представлена на рис. 71. Считаем, что питание подано на устройство, а конденсатор C2 разряжен. Стабилитрон V2 и составной транзистор V3V4 в это время закрыты; на базу транзистора V5 через резистор R3 подается положительное напряжение, открывающее этот транзистор. В цепи управляющего электрода тринистора V6 течет ток, тринистор открыт, и на этажах горят осветительные лампы (на схеме они обозначены E1).

По мере зарядки конденсатора C2 через резистор R2 напряжение на его обкладках увеличивается, и когда оно достигает напряжения стабилизации, то стабилитрон V2 открывается, затем открываются транзисторы V3, V4, а транзистор V5 закрывается. Тринистор V6 также закрывается, и осветительные лампы E1 гаснут. В таком состоянии устройство и находится бóльшую часть времени, потребляя от сети ток около 2 мА. Для включения освещения необходимо нажать кнопку S1.

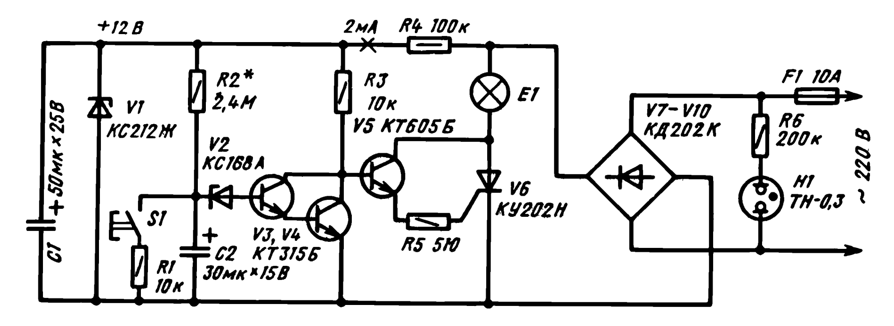


Рис. 71. Схема автомата лестничного освещения (вариант I)

Все элементы устройства, в том числе и осветительные лампы, питаются выпрямленным напряжением, снимаемым с диодного моста V7 — V10. Напряжение, необходимое для работы транзисторного ключа и для зарядки конденсатора C2 (около 12 В), получается на выходе параметрического стабилизатора V1R4. Конденсатор C1 сглаживает пульсации напряжения. Резистор R1 ограничивает ток разрядки конденсатора C2 при нажатии кнопки S1. Кроме того, этот резистор повышает электробезопасность при пользовании устройством в случае нарушения изоляции кнопки S1.

Подача напряжения на управляющий электрод тринистора V6 с его анода (через открытый транзистор V5 и резистор R5) обеспечивает протекание тока в цепи управляющего электрода лишь до момента включения тринистора, т. е. в течение долей миллисекунды в начале каждого полупериода. В результате этого на транзисторе V5 рассеивается очень незначительная мощность.

Неоновую лампу H1 устанавливают рядом с кнопкой S1, чтобы ее можно было легко отыскать в темноте. Такие же кнопки устанавливают на лестничных клетках этажей и соединяют их параллельно. Соответствующие им неоновые лампы подключают к сети через резисторы 200 кОм (на схеме — R6).

Максимальная суммарная мощность осветительных ламп, которыми может управлять АЛО, составляет 2 кВт. Тринистор V6 должен быть установлен на радиаторе с поверхностью охлаждения около 300 см^2, диоды V7 — V10 — на четырех радиаторах площадью по 70 см^2 каждый. Если мощность нагрузки не превышает 500 Вт, тринистор V6 и диоды V7 — V10 устанавливать на радиаторы не обязательно.

На рис. 72 приведена схема другого варианта АЛО, в котором используется микросхема К176ЛА7. Напряжение с конденсатора C2 поступает на входы логического элемента D1.1. Пока напряжение на конденсаторе меньше порога переключения этого элемента, на его выходе — напряжение высокого уровня, которое через открытый транзистор V2 и резистор R5 открывает тринистор V4 и подает напряжение на осветительные лампы E1. При дальнейшей зарядке конденсатора C2 логический элемент D1.1 переключается, на его выходе появляется напряжение низкого уровня, транзистор V2 и тринистор V4 закрываются, и лампы гаснут.

На логических элементах D1.2 и D1.3 этой же микросхемы собран генератор, формирующий импульсы с частотой около 1 Гц. С такой частотой мигает неоновая лампа H1, установленная около кнопки S1.

В обоих вариантах устройства применены детали, имеющиеся в продаже в магазинах и на базах Посылторга. Транзисторы КТ315Б можно заменить любыми из этой серии, а также использовать КТ312, КТ316, КТ317, КТ201 с любыми буквами; КТ605Б можно заменить на КТ605А, КТ604, КТ904 с любыми буквами. Тринистор КУ202Н можно заменить КУ202М (К, Л), а если мощность ламп не будет превы-

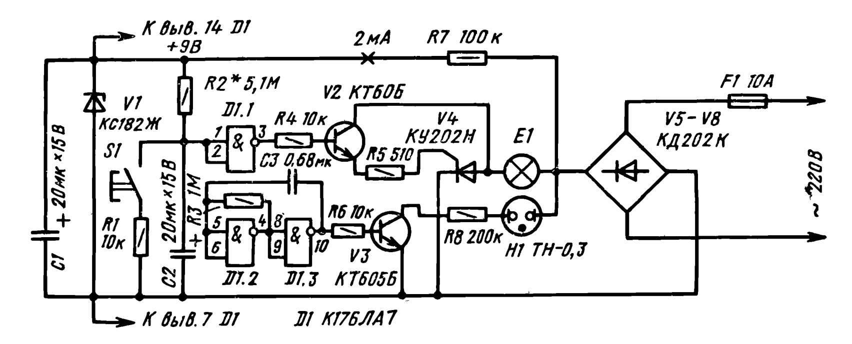


Рис. 72. Схема автомата лестничного освещения на микросхеме (вариант II)

шать 400 Вт, то можно применять тринисторы КУ201К, КУ201Л. Диоды КД202К можно заменить на КД202 с буквами К, М, Р, а также на любые из серий Д246, Д247, Д248. Стабилитрон КС212Ж можно заменить на Д814Г, Д814Д, КС213Ж, КС215Ж; КС168А — на КС168В, КС162А, КС156А, Д814А; КС182Ж — на Д814Б, КС182А, КС191А. Электролитические конденсаторы — типов К50-6, К50-16, К50-20 или К53-1; конденсатор С3 (см. рис. 72) — типов КМ-6, К10-17 или МБМ. Все резисторы — МЛТ. Кнопка S1 — типов КП1, К3, КМ1-1, КМД1-1 или звонкового типа.

Налаживание устройства сводится к подбору резистора R2 для получения нужной длительности свечения ламп. При обозначенном на схемах номинале резистора R2 длительность горения ламп составляет 2 . . . 3 мин.

Корпус, в котором собран АЛО, устанавливают на одном из этажей здания. Кнопки S1 с неоновыми лампами H1 подключают к устройству проводами любого сечения. Осветительные лампы E1 должны быть подключены проводами достаточного сечения; так, при суммарной мощности ламп 2 кВт сечение проводов должно быть 1,5 . . . 2 мм^2.

При изготовлении и установке устройства следует особое внимание обратить на надежность изолирующих частей кнопок S1.

Автомат уличного освещения

Часто приходится наблюдать такую картину: день уже в полном разгаре, а уличные осветители, включенные еще вечером, продолжают гореть, потребляя впустую электроэнергию. И все оттого, что кто-то забыл вовремя выключить фонари.

Схема автомата, позволяющего автоматически включать вечером и выключать утром уличное освещение, представлена на рис. 73. Датчиком освещенности является фоторезистор R4. Когда он затемнен, его сопротивление велико (несколько мегаом), на входах логического элемента D1.1 — напряжение высокого уровня, такое же напряжение на выходе элемента D1.2. Транзистор V2 и тринистор V3 открыты, и уличные осветители E1 включены.

Когда наступает рассвет, сопротивление фотодатчика R4 уменьшается, логические элементы D1.1 и D1.2 переключаются в противоположные состояния, транзистор V2 и тринистор V3 закрываются, и фонари на улице гаснут.

На логических элементах D1.1, D1.2 и резисторах R2, R3 выполнен триггер Шмитта. Это устройство, как и обычный (счетный) триггер, обладает двумя устойчивыми состояниями. Но в отличие от счетного триггера, состояние которого изменяется после прихода очередного импульса на вход, триггер Шмитта переключается при изменении уровня входного напряжения. Причем можно так подобрать резисторы R2 и R3, что пороги переключения при увеличении входного напряжения и

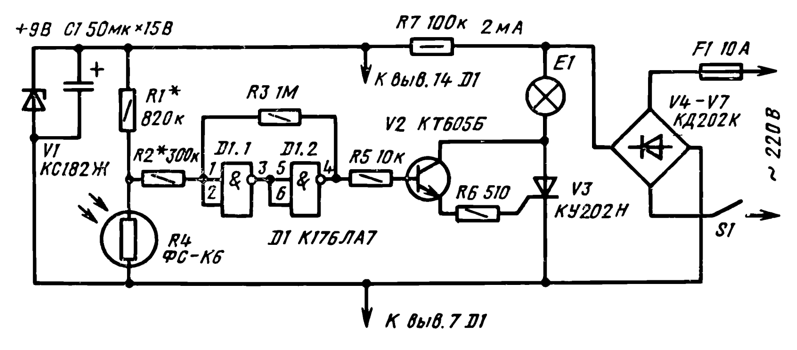


Рис. 73. Схема автоматического включателя уличного освещения

при его уменьшении не будут равны между собой. Например, для нашего триггера при увеличении входного напряжения порог переключения может составлять 3 В, а при уменьшении напряжения 2 В. Разность порогов переключения называют гистерезисом триггера. Гистерезис тем больше, чем больше отношение R2/R3.

Если в нашем автомате не использовать триггер Шмитта (т. е. резистор R3 исключить, а R2 замкнуть накоротко), то при изменении освещенности будет наблюдаться мерцание осветительных ламп, при этом на выходе элемента D1.2 будет напряжение, находящееся между напряжениями низкого и высокого уровней. В триггере Шмитта такого быть не может, поскольку обратная связь через резистор R3 с выхода элемента D1.2 на вход элемента D1.1 ускорит процесс переключения, сделает его лавинообразным. Такую обратную связь называют положительной. Вы уже встречались с использованием триггера Шмитта в реле времени и регуляторе мощности (см. схемы на рис. 45 и 68) для формирования прямоугольных импульсов из синусоидального сигнала.

В качестве датчика освещенности можно использовать фоторезисторы ФС-К (с любыми цифрами), а также фотодиоды ФД-1, ФД-2, ФД-3 (подключают катодом к резисторам R1, R2).

Фотодатчик следует располагать в таком месте, куда не попадает прямой свет фонарей Е1, иначе автомат будет работать неустойчиво. Резистором R1 можно изменять уровень освещенности, при которой включаются и выключаются осветители. Разницу в порогах включения и выключения автомата можно изменять подбором резистора R2.

Устройства телефонной связи

Устройства, о которых здесь идет речь, предназначены для двусторонней (дуплетной) связи между абонентами. Первое из них обеспечивает связь между двумя абонентами. Второе связывает любого из десяти абонентов с дежурным центрального пульта (или абонентов между собой). Третье устройство позволяет устанавливать связь между любыми двумя абонентами (из десяти) набором соответствующего номера с телефонных аппаратов. Все устройства допускают подключение к линиям сопротивлением 1 . . . 2 кОм, что при использовании медного провода с диаметром жилы 0,5 мм позволяет обеспечивать дальность связи до 5 . . . 10 км. Это дает возможность использовать устройства для обеспечения связи в небольших производственных подразделениях, в школах, в пионерских лагерях, в колхозах и совхозах.

Переговорное устройство, схема которого приведена на рис. 74, самое простое. Оно позволяет осуществлять телефонную связь между двумя абонентами. Вызов происходит с помощью звонка, имеющегося в телефонном аппарате каждого абонента. Характерная особенность такого переговорного устройства — возможность использования телефонных аппаратов, у которых исправны лишь трубка и звонок.

Рассмотрим работу устройства. Если абонент, у которого расположен телефонный аппарат № 1, хочет вызвать второго абонента, он должен нажать кнопку S2. При этом переменное напряжение с обмотки II трансформатора Т1 будет подано на телефонный аппарат № 2, и в нем зазвонит звонок. При снятых трубках обоих аппаратов источник питания будет включен последовательно с аппаратами — можно вести разговор. Точно так же второй абонент может вызывать первого.

Переговорное устройство питается от электросети через трансформатор Т1. С обмотки II снимается напряжение для питания звонков телефонных аппаратов; напряжение с обмотки III выпрямляется диодом V1 и фильтруется сглаживающим фильтром R1C1. Трансформатор обеспечивает гальваническую развязку между элементами устройства и сетью, что необходимо из соображений электробезопасности.

4 Зак. 536

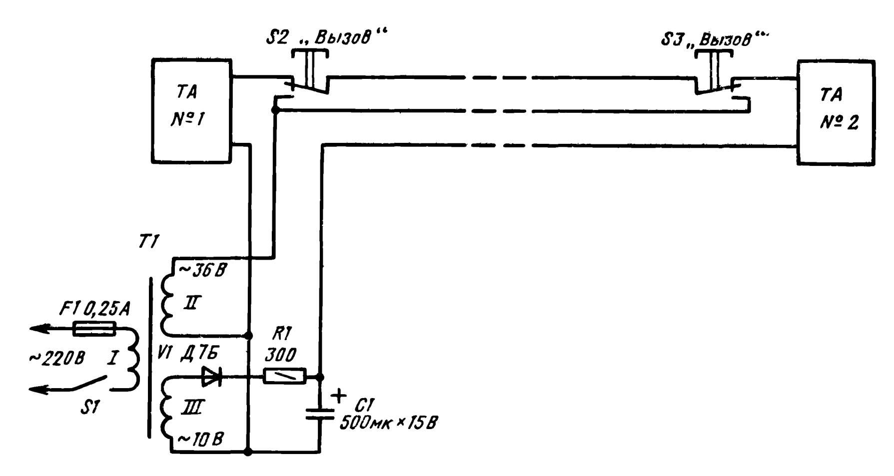


Рис. 74. Простое переговорное устройство на два телефона

Диод V1 – любой из серий Д226, КД503, КД509. Конденсатор С1 – типов К50-3, К50-6, К50-20. Кнопки вызова – типов КМ1-I, П2К. Выключатель питания – типов ТВ2-1, МТ-1. Трансформатор Т1 выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛМ16Х16. Обмотка I содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,08; обмотка II – 360 витков ПЭВ-2 0,12; обмотка III – 100 витков ПЭВ-2 0,21. Телефонные аппараты могут быть, например, типов ТА-68, ТАН-66, ТАН-70. Если используются аппараты с неисправными номеронабирателями, следует от них отключить проводники и соединить их с рычажным переключателем так, чтобы при опущенной трубке к линии был подключен через конденсатор емкостью 1 мк звонок, а при поднятой трубке – были подключены последовательно соединенные микрофон и телефон.

Трансформатор Т1, диод V1, конденсатор С1, резистор R1, а также выключатель S1 и кнопка S2 смонтированы в корпусе аппарата № 1; кнопка S3 установлена в корпусе телефонного аппарата № 2. Для связи между аппаратами может быть использован любой провод, минимальный диаметр жилы которого обеспечивает механическую прочность линии связи.

На рис. 75 приведена схема телефонной станции (точнее – коммутатора), рассчитанной на подключение десяти телефонных аппаратов. Каждый из десяти абонентов может связаться с центральным пультом дежурного или, по желанию дежурного, с другим абонентом.

Предположим, с центрального пульта требуется связаться с первым абонентом (у него расположен телефонный аппарат № 1). В этом случае переключатель S1 переводят в положение, противоположное показанному на схеме, и нажимают кнопку S11 "Вызов". При этом переменное напряжение с обмотки II трансформатора Т1 через диодный мост V17 – V20 и светодиод V16, замкнутые контакты кнопки S11 и переключателя S1.1, резистор R1 подается на телефонный аппарат № 1, и в нем раздается звонок. Загорание светодиода V16 при нажатии кнопки S11 "Вызов" свидетельствует о том, что линия исправна и вызов к абоненту проходит. Абонент № 1 снимает трубку – можно вести разговор (кнопка S11 уже отпущена). При этом разговорный ток проходит по цепи: общий провод источника питания, телефон В1 и микрофон В2 телефонной трубки центрального пульта, нормально замкнутые контакты кнопки S11, замкнутые контакты переключателя S1.1, резистор R1, телефонный аппарат № 1, "плюсовой" провод источника питания.

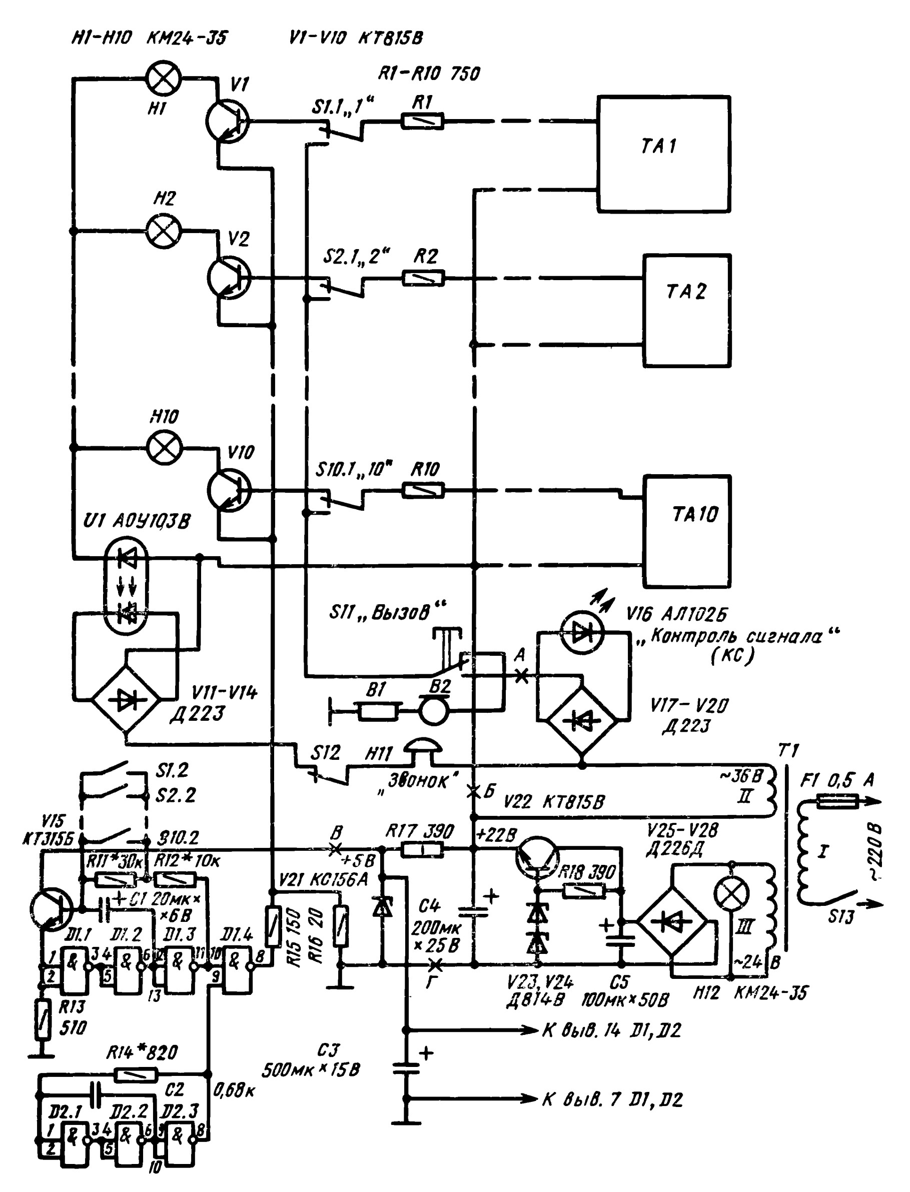


Рис. 75. Схема телефонной станции на десять абонентов

Предположим, что первому абоненту необходимо вызвать дежурного центрального пульта. Для этого ему достаточно снять трубку своего аппарата, и линия связи замкнется через сопротивление аппарата и резистор R1. При этом на базу транзистора V1 будет подано положительное напряжение, транзистор откроется и загорится сигнальная лампа H1. Одновременно откроется динистор оптрона U1, и переменное напряжение с обмотки II трансформатора T1 через диодный мост V11 — V14

будет подано на звонок H11 центрального пульта. Услышав его звук и увидев загоревшуюся сигнальную лампу H1, дежурный переведет ручку переключателя S1 в противоположное положение и будет вести разговор с первым абонентом.

Если первый абонент желает связаться, например, с абонентом № 10, то дежурный по его просьбе вызывает десятого абонента. Тот, услышав звонок, переводит свой переключатель S10 в нижнее (по схеме) положение и может вести разговор как с дежурным, так и с первым абонентом. При этом ток, протекающий через микротелефонную трубку дежурного, разветвляется на телефонные аппараты первого и десятого абонентов, поэтому они слышат друг друга несколько хуже, чем дежурного центрального пульта.

При снятии трубки любого телефонного аппарата в их телефонах прослушиваются короткие длительные звуковые сигналы, поступающие в линии с делителя из резисторов R15, R16 через эмиттерные переходы транзисторов V1 — V10. Эти сигналы вырабатываются двумя генераторами. Частота первого генератора, собранного на логических элементах D2.1 — D2.3, составляет 300 . . . 500 Гц; частота второго генератора (он собран на элементах D1.1 — D1.3 и транзисторе V15) 0,3 . . . 1,5 Гц. Логическим элементом D1.4 сигналы двух генераторов суммируются и с его выхода подаются на делитель R15R16.

Когда переключатели S1 — S10 находятся в исходном положении, во времязадающую цепь второго генератора включены резисторы R11 и R12, и в трубке любого телефонного аппарата слышны длинные гудки. Если хотя бы один переключатель находится не в исходном положении, во времязадающую цепь генератора включенным оказывается только резистор R12 и в линию поступают сигналы коротких гудков, свидетельствующие о том, что дежурный центрального пульта с кем-то разговаривает.

Выключателем S12 можно отключать звонок H11 в случае необходимости. Резисторы R1 — R10 ограничивают базовые токи транзисторов V1 — V10.

В телефонной станции используют: транзисторы V1 — V10 — любые из серий КТ815, КТ801, КТ608, КТ3117; V15 может быть любым из серий КТ301, КТ312, КТ315; V22 — любой из серий КТ801, КТ805, КТ815, КТ817. Оптрон V1 — любой из серии АОУ103. Светодиод V16 — любой из серий АЛ102, АЛ112, АЛ307. Диоды V11 — V14, V17 — V20 — любые из серий Д101, Д102, Д220, Д223, Д226; диоды V25 — V28 — любые из серий Д7, Д226, КД209. Конденсаторы C1, C3 — C5 — типов К50-6, К50-3, К50-12; C2 — типов КМ-6А, К10-17. Резисторы — типа МЛТ. Переключатели S1 — S10 — типов ТП1-2, МТ-2; выключатели S12, S13 — типов ТВ2-1, МТ-1, кнопка S11 — типов КМ1, КП-3. Трансформатор T1 намотан на ленточном магнитопроводе ШЛМ16Х16. Обмотка I содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,08; обмотка II — 360 витков ПЭВ-2 0,12; обмотка III — 240 витков ПЭВ-2 0,21. Звонок H11 — от любого телефонного аппарата с сопротивлением обмотки 1 . . . 3 кОм, рассчитанный на работу от переменного напряжения. Телефон B1 и угольный микрофон B2 объединены в стандартной трубке телефонного аппарата.

Бóльшую часть деталей телефонной станции можно смонтировать на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита размерами 110Х95 мм (рис. 76). Транзистор V22 устанавливают на радиаторе с охлаждающей поверхностью около 30 см^2. На плате монтируют и разъем типа МРН44-1, через который к ней подключаются линии телефонных аппаратов, трансформатор питания.

Налаживание станции состоит в подборе резисторов R14 по требуемому тону звукового сигнала (стандартная частота 400 Гц), а также в подборе резисторов R11 и R12 по требуемой длительности длинных и коротких гудков.

Внешний вид телефонной станции показан на рис. 77. Для соединения телефонных аппаратов с пультом "штаба" можно использовать любой провод, руководствуясь в основном соображениями его механической прочности. Если в качестве об-

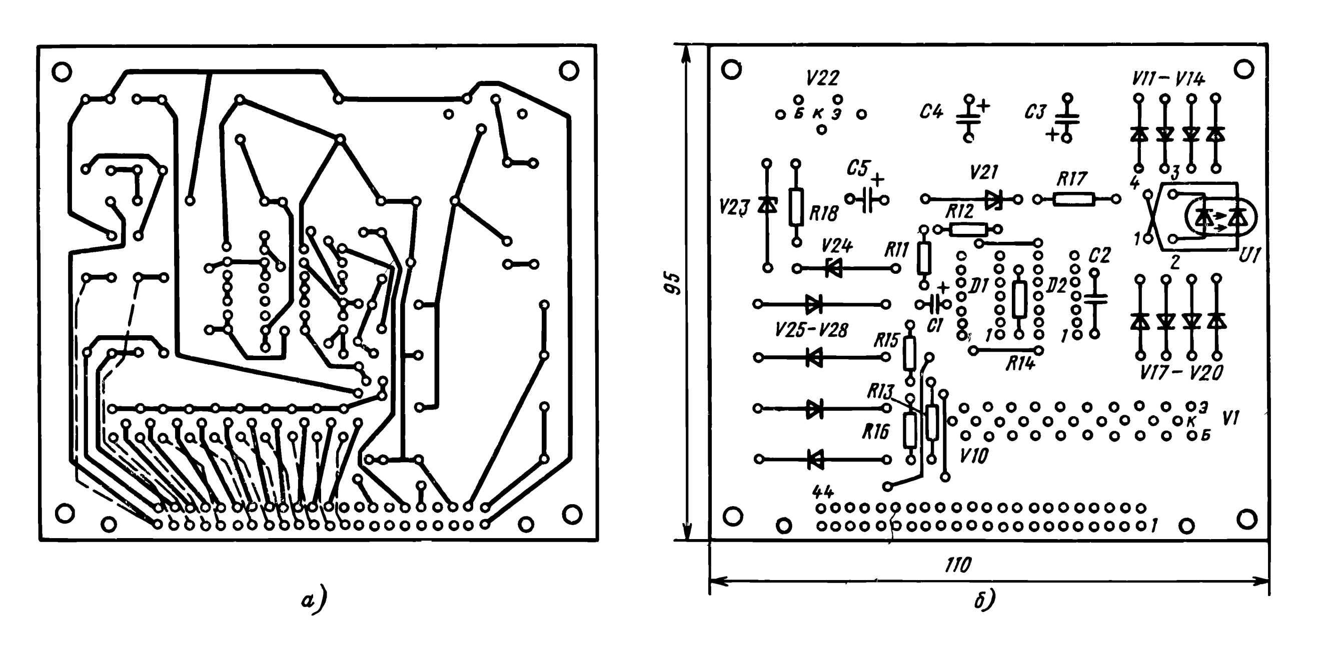


Рис. 76. Монтажная плата телефонного коммутатора:
а — расположение печатных проводников; *б* — расположение деталей на плате

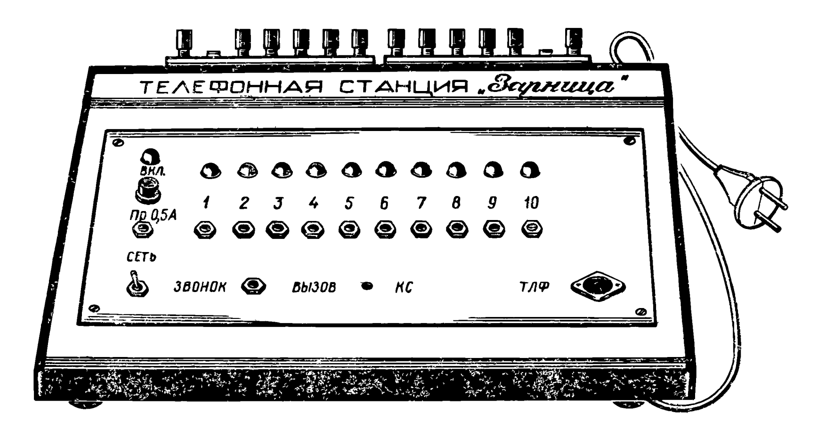


Рис. 77. Внешний вид телефонного коммутатора

Рис. 78. Схема варианта телефонного коммутатора

щего провода использовать трубы водопровода, то линия связи с абонентом будет однопроводной.

На рис. 78 приведена схема третьего варианта устройства связи — телефонного коммутатора. В нем для индикации вызова использованы светодиоды, поэтому на-

добность в транзисторных ключах отпала; вместо звонка использован тональный вызов, поэтому удалось обойтись без оптрона; переключатели S1 — S10 имеют всего лишь одну группу контактов.

Кратко об особенностях этой станции. При снятии трубки любого телефонного аппарата загорается соответствующий светодиод, а на выводе 10 логического элемента D4.3 появляется напряжение высокого уровня (оно снимается с резисторов R16 — R18). Поскольку на второй вход логического элемента D4.3 (вывод 9) поступает прерывистый сигнал частотой около 400 Гц, излучатель B3 подает звуковые сигналы (длинные гудки).

На логических элементах D1.1 — D1.3 и D3.4, D4.1 собраны генераторы с частотами 1 и 400 Гц соответственно. Триггеры D2.1 и D2.2, работающие в счетном режиме, делят частоту поступающих импульсов на 4, поэтому на выходе D2.2 имеется сигнал с частотой 0,25 Гц. Логические элементы D3.1 и D3.2 переключают на входы элемента D3.3 сигналы с частотой 1 и 0,25 Гц. Если разговор не ведется (т. е. все переключатели S1 — S10 — в верхнем по схеме положении), то на входах элемента D1.4 — напряжение низкого уровня, а на его выходе — напряжение высокого уровня. Это напряжение поступает на вход логического элемента D3.2, и на выход элемента D3.3 проходят импульсы 0,25 Гц. Если же на входы элемента D1.4 поступает напряжение высокого уровня (это происходит в случае протекания разговорного тока через резистор R13), то на выходе D3.3 — импульсы частотой 1 Гц. Через резистор R15 прерывистый сигнал 400 Гц (короткие гудки) поступает в линии всех телефонных аппаратов, а также на транзистор V14.

Стабилитроны V12, V13 ограничивают напряжение на входах логических элементов D1.4 и D4.3.

Налаживание телефонной станции сводится в основном к подбору резистора R14 по требуемому тону гудков. Необходимо также подобрать сопротивления резисторов R1 — R10 такими, чтобы при разговоре каждого из десяти абонентов с дежурным ток через телефон B1 и микрофон B2 составлял 10 . . . 15 мА. Подбор этих резисторов следует производить лишь тогда, когда к телефонной станции подключены все линии связи телефонных аппаратов.

Телефонная станция (см. рис. 78) питается от такого же источника, что и описанный выше коммутатор (см. рис. 75). Подключения к источнику питания обозначены буквами А — Г.

Описанные здесь телефонные станции позволяют абонентам связываться между собой только через оператора центрального пульта. Это не всегда удобно, поскольку у коммутатора должен всегда находиться дежурный. В этом отношении удобнее автоматическая телефонная станция (АТС), позволяющая осуществлять вызов одного абонента другим с помощью набора соответствующего номера (от 0 до 9). Автоматическая телефонная станция обеспечивает: дуплексную связь между любыми двумя абонентами, включенными в АТС; контроль прохождения вызова путем прослушивания длинных звуковых сигналов (гудков) в микротелефонной трубке; сигнализацию занятости приборов АТС путем выдачи коротких гудков в линии, для которых соединение в данный момент невозможно; установку всех приборов АТС в исходное состояние после возвращения всех микротелефонных трубок на аппараты.

Рассмотрим структурную схему автоматической телефонной станции (рис. 79). Телефонные аппараты (их может быть не более десяти) соединены с абонентским узлом. В нем сосредоточены реле, обеспечивающие связь между двумя абонентами и отключающие на это время другие аппараты. В узле сигналов и управления формируются импульсы набора номера при обратном вращении диска номеронабирателя, а также сигналы состояния линии — непрерывный гудок при свободной линии и короткие гудки в случае ее занятости; кроме того, производится контроль исправ-

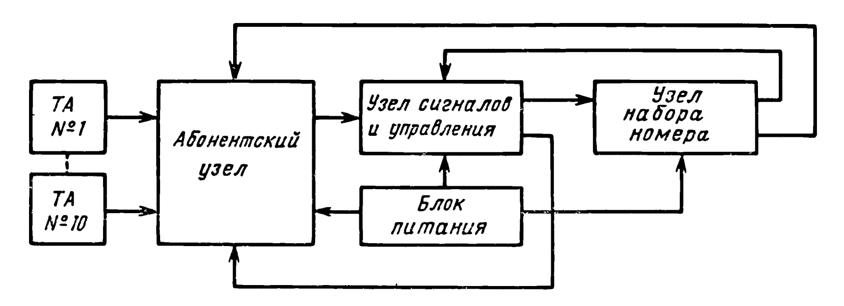


Рис. 79. Структурная схема автоматической телефонной станции

ности линии. В узле набора номера идет подсчет импульсов, поступивших от номеронабирателя того или иного аппарата, и соединение с нужным абонентом. Блок питания обеспечивает АТС постоянным и переменным напряжениями.

Рассмотрим работу АТС по ее принципиальной схеме (рис. 80). На ней показаны узлы коммутации только первого и десятого аппаратов, цепи коммутации остальных аппаратов аналогичные.

Когда первый абонент желает поговорить с десятым, он снимает трубку телефонного аппарата ТА1. Сразу же через аппарат, резистор R1, нормально замкнутые контакты реле К16.1, диод V21, резисторы R25, R26, эмиттерный переход транзистора V41 начинает протекать постоянный ток. Конденсатор С5 заряжается, и транзистор V41 открывается. Срабатывает реле К14 и контактами К14.1 подает питание на реле К1 — К13, а контактами К14.2 подготавливает микросхему D4 к работе.

Поскольку через цепь управляющего электрода тринистора V1 протекает постоянный ток, включенное в его анодную цепь реле К1 срабатывает. Ток, протекающий через обмотку реле, превышает ток удержания тринистора, и реле остается во включенном состоянии, хотя ток через управляющий электрод тринистора V1 после срабатывания реле уже не протекает. Как только контакты К1.1 реле К1 переключатся, потечет ток через эмиттерный переход транзистора V39, он откроется и сработает реле К12. При этом в микротелефонной трубке аппарата ТА1 абонент услышит непрерывный звуковой сигнал частотой около 400 Гц, означающий готовность приборов станции к набору номера. Этот сигнал вырабатывается генератором на логических элементах D1.1 — D1.3 и через элемент D2.2 подается на делитель R14R22, а с него через эмиттерный переход транзистора V39 и резистор R23 — в линию телефонного аппарата ТА1. Контакты К12.1 реле К12 соединяют через диоды V11 — V20 управляющие электроды всех тринисторов с их катодами. Это предотвращает включение тринисторов V2 — V10 при снятии трубок телефонных аппаратов — ТА2 — ТА10. При снятии трубок любого из этих аппаратов абонент слышит прерывистые сигналы "занято", поступающие с делителя R15R21. Сигнал формируется в результате суммирования в элементе D2.3 сигнала частотой 400 Гц и сигнала частотой около 2 Гц (его вырабатывает генератор на элементах D1.5, D1.6).

Затем первый абонент набирает на аппарате цифру 0, т. е. номер десятого абонента. При возвратном вращении диска номеронабирателя ток в цепи базы транзистора V39 прервется десять раз, и столько же раз отпускает и срабатывает реле К12. Его контакты К12.2 совместно с RS-триггером на элементах D3.1, D3.2 формируют соответствующее число импульсов, которые поступят на счетчик D4. Выходы счетчика соединены со входами дешифратора-демультиплексора D6, преобразующего двоично-десятичный код в десятичный (о работе этой микросхемы см. с. 30).

После прихода первого импульса набора на выходе микросхемы D5 (она выполняет операцию 4ИЛИ-НЕ) появляется напряжение низкого уровня. Оно инвертируется элементом D3.3, и с его выхода напряжение высокого уровня поступает на один из входов логического элемента D2.1. На выходе этого элемента появляется напряжение низкого уровня, что запрещает подачу непрерывного сигнала в линию первого абонента. Одновременно через резистор R36 начинает заряжаться конденсатор C11. После поступления на вход счетчика D6 десяти импульсов сработает реле K25. Контактами K25.1 оно подключит аппарат ТА № 10 к резистору R24.

Через 2 . . . 3 с после начала набора номера конденсатора C11 зарядится настолько, что сработает реле K15. Его контакты K15.1 подадут напряжение низкого уровня на вход элемента D3.1 (теперь импульсы не пройдут на вход счетчика, а значит, не пройдут и помехи, способные вызвать ошибку в наборе) и одновременно отключат коллектор транзистора V31 от общего провода. Начнет работать генератор, собранный на логических элементах D1.4, D2.4 (частота вырабатываемых импульсов примерно равна 0,2 Гц). Контакты реле K11.1 будут поочередно подключать провод линии телефонного аппарата (через резистор R24) то к обмотке II трансформатора T1, то к базе транзистора V40.

Если, линия исправна, переменный ток вызова проходит через резистор R27, создает на нем падение напряжения, открывающее транзисторы V42, V43. На выводе 1 элемента D2.1 появляется напряжение низкого уровня. При этом в линию аппарата ТА № 1 подается переменное напряжение частотой 400 Гц, и первый абонент слышит длинные прерывистые сигналы вызова (в аппарате ТА № 10 в это время звонит звонок).

Если десятый абонент снимет трубку, сработает реле K13. Контактами K13.1 оно разомкнет эмиттерную цепь транзистора V33 и выключит реле K11, а контактами K13.2 разомкнет резистор R12 и подаст напряжение на светодиод V52, около которого расположена надпись "Разговор". Контакты K13.3 этого же реле через конденсатор C4 замкнут разговорную цепь по переменному току. Абоненты могут вести разговор. Если теперь другие абоненты поднимут трубки, они услышат лишь короткие сигналы "занято". Сигналы поступают в линии с логического элемента D2.3 через делитель из резисторов R15 и R21 и замкнутые контакты K12.1 реле K12).

В исходное состояние АТС возвратится, как только абоненты положат трубки.

Чтобы при наборе номера реле K14 не отпускало, в станцию введена цепочка держки R25R26C5. Диод V38 защищает эмиттерный переход транзистора V42 от воздействия на него обратного напряжения, а конденсатор C6 сглаживает пульсации напряжения частотой 50 Гц на базе транзистора V43. Диод V53 способствует быстрой разрядке конденсатора C11 при возвращении приборов АТС в исходное состояние. Резистор R12 обеспечивает разговорный режим работы АТС. Это происходит следующим образом. При изменении тока в цепи одного из аппаратов изменяется падение напряжения на резисторе R12, что приводит к изменению тока в цепи аппарата другого абонента, т. е. часть разговорного тока из одной линии поступает в другую линию. Конечно, слышимость разговора здесь несколько ниже, чем в коммутаторе по схеме рис. 75, где аппараты в режиме разговора включаются последовательно и разговорный ток одного аппарата полностью поступает в линию другого аппарата. С целью увеличения громкости применяется конденсатор C4, который включается в разговорном режиме.

В атоматической телефонной станции использованы следующие детали. Транзисторы V31, V32 — любые из серий КТ306, КТ312, КТ315, КТ603; V33, V39 — V41, V43, V54 — V65 могут быть типов КТ315 с буквами В — Е, И, КТ503, КТ608, КТ3117 с любыми буквами; V42 может быть КТ203 с буквами А, Б, КТ208, КТ209, КТ501 с любыми буквами, кроме А—В, а также любые из серии КТ502; V46, V48 —

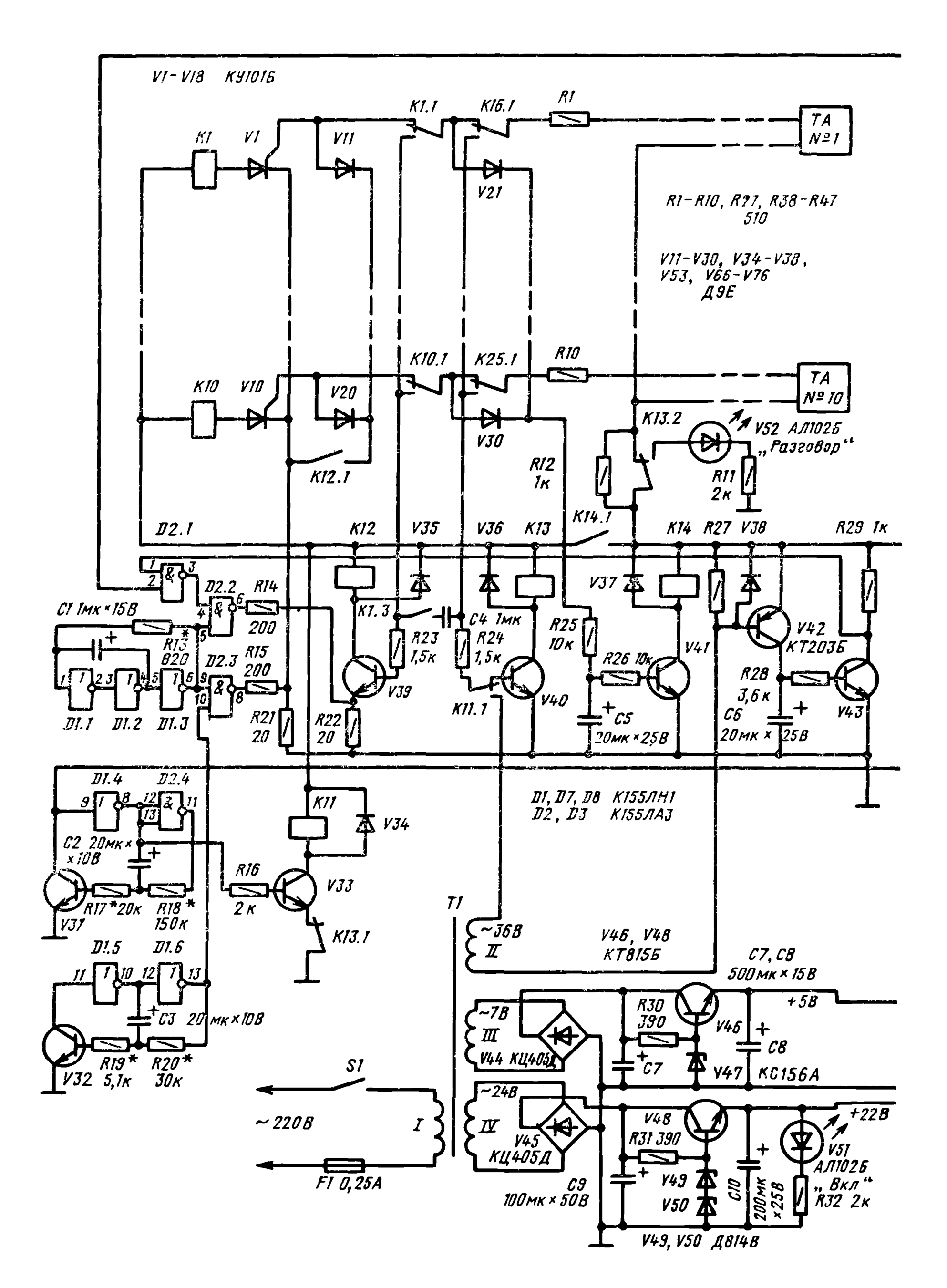
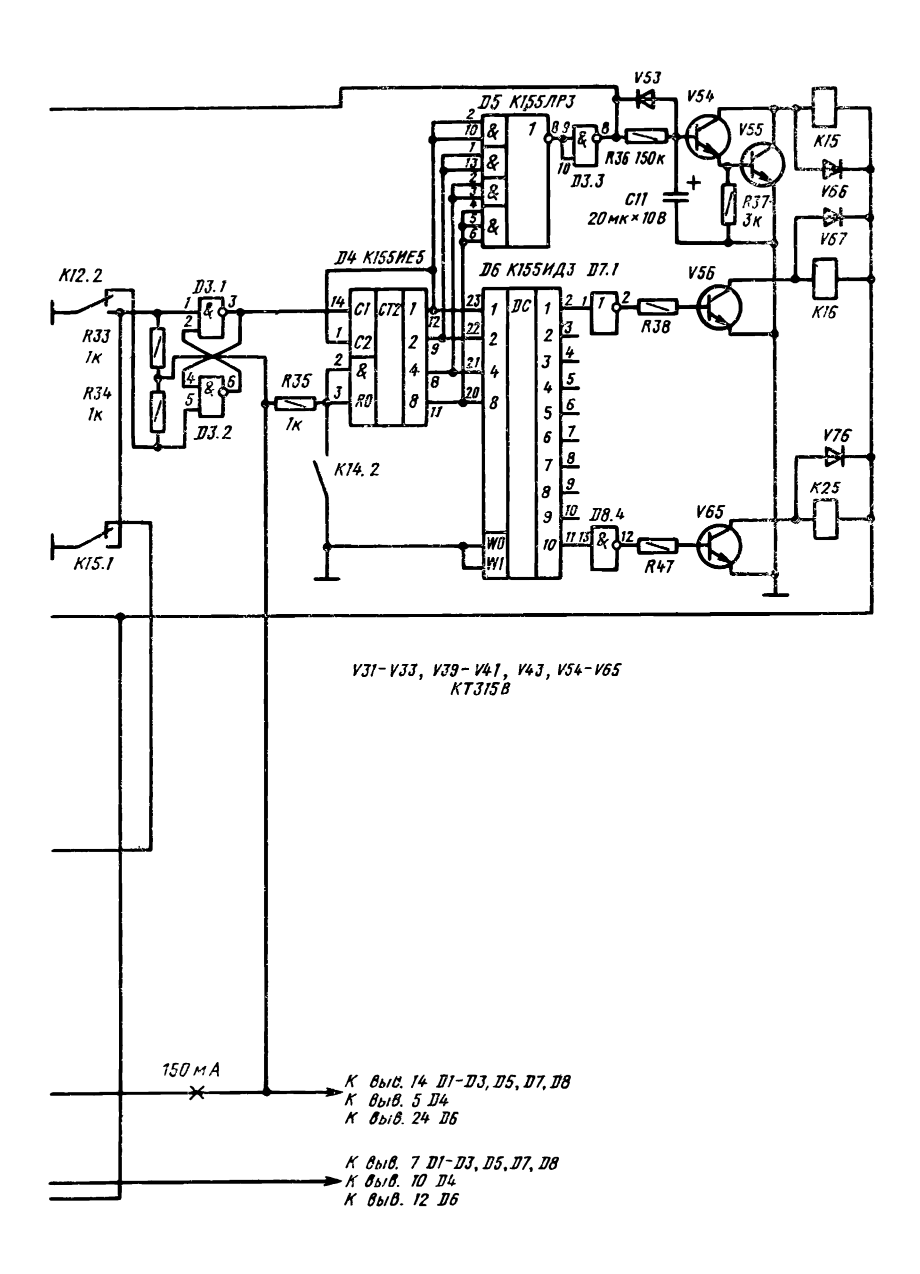


Рис. 80. Принципиальная схема



V53
V54
D5 K155ЛР3
V55
K15
R36 150к
D3.3
V66
C11
20мк×10В
R37
3к
V67
D4 K155ИЕ5
D6 K155ИД3
D7.1
V56
K12.2
D3.1
K16
R33
1к
R38
R34
1к
R35
1к
D3.2
K14.2
V76
K25
D8.4
V65
R47
K15.1
V31-V33, V39-V41, V43, V54-V65
KT315B
150 мА
К выв. 14 D1-D3, D5, D7, D8
К выв. 5 D4
К выв. 24 D6
К выв. 7 D1-D3, D5, D7, D8
К выв. 10 D4
К выв. 12 D6

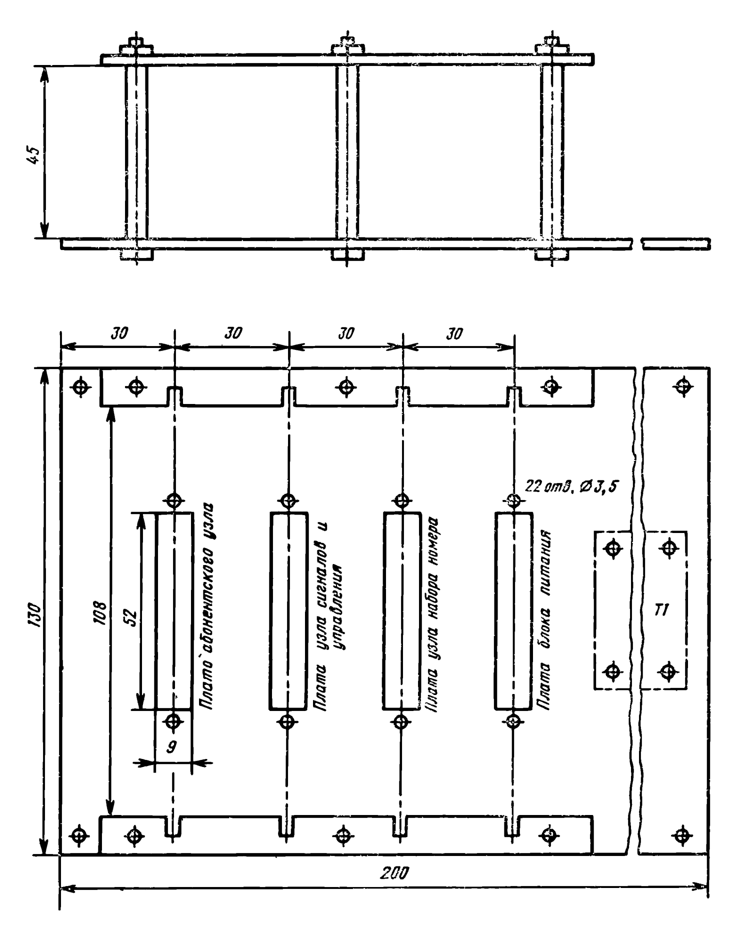


Рис. 81. Сборочный чертеж блоков АТС

любые из серий КТ801, КТ807, КТ815, КТ817. Тринисторы V1 — V10 — любые из серии КУ 101. Светодиоды V51, V52 — любые из серий АЛ102, АЛ112, АЛ307. Диодные мосты V44, V45 могут быть из серий КЦ402, КЦ403, КЦ405 с любыми буквами, а также могут быть собраны из диодов типов Д7, Д226, КД209 с любыми буквами; остальные диоды — любые из серий Д220, Д226, Д223. Все конденсаторы, кроме С4, — типов К50-6, К50-3, К50-12; С4 — типов КМ-6, К10-17. Электромагнитные реле К1 — К11, К15 — К25 — типа РЭС-15 (паспорт РС4.591.004); К12, К14 — типа РЭС-47 (паспорт РФ4.500.408); К13 — типа РЭС-22 (паспорт РФ4.500.131).

Трансформатор Т1 выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ16Х25. Обмотка I содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,11; обмотка II — 365 витков провода ПЭВ-2 0,12; обмотка III — 75 витков провода ПЭВ-2 0,33; обмотка IV — 230 витков провода ПЭВ-2 0,23. Выключатель S1, телефонные аппараты — тех же типов, что и в предыдущих устройствах телефонной связи.

Детали автоматической телефонной станции смонтированы на четырех платах, изготовленных из текстолита толщиной 1 . . . 2 мм. На каждой плате собран функционально самостоятельный блок, соответствующий структурной схеме (см. рис. 79).

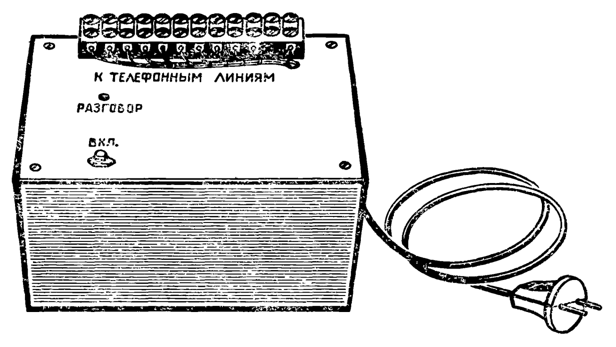


Рис. 82. Внешний вид АТС

Это позволяет вносить изменения и усовершенствования в конструкцию отдельных блоков. По этой же причине в АТС не использован печатный монтаж, а все соединения выполнены одножильным изолированным проводом диаметром 0,3 . . . 0,4 мм. На каждой плате установлен разъем типа МРН32. Гнездовые части этих разъемов находятся на отдельной плате (см. рис. 81). Для надежной фиксации плат в вертикальном положении применены две текстолитовые пластины размерами 130Х10 мм, в каждой из которых сделаны по четыре прорези шириной на полмиллиметра большей, чем толщина материала монтажных плат, и глубиной 3 . . . 4 мм. Эти пластины установлены на основной плате с помощью шести металлических стоек. На этой же плате смонтирован трансформатор Т1.

Автоматическая телефонная станция собрана в металлическом корпусе размерами 210Х140Х100 мм (рис. 82). На верхней панели укреплены планка с зажимами линий телефонных аппаратов, выключатель питания S1 и сигнальные светодиоды V51, V52.

Автоматическая телефонная станция — достаточно сложное электронное устройство, содержащее большое число элементов. Поэтому перед сборкой АТС желательно проверить исправность всех элементов. Монтаж следует вести очень внимательно, так как впоследствии на поиск ошибок может уйти много времени.

Если станция собрана без ошибок, то ее налаживание сводится в основном к подбору резисторов R13, R17 — R20 до получения требуемых частот генераторов. Если же после включения АТС не начинает работать сразу, то поиск неисправностей следует вести в таком порядке. Вначале измеряют напряжение стабилизированного блока питания. На конденсаторе С8 оно должно составлять 4,8 . . . 5,2 В, на конденсаторе С10 — 22 . . . 25 В. Затем проверяют ток, потребляемый блоком набора номера от источника 5 В. Он может составлять 120 . . . 160 мА (но не более 200 мА). Подавая импульсы на вход С1 микросхемы D4, проверяют работу счетчика и дешифратора (при этом на выводы 2 и 3 микросхемы D4 должно быть подано напряжение низкого уровня). Работу двух остальных блоков: абонентского, сигналов и управления — проверяют совместно со всеми остальными.

Для работы с автоматической телефонной станцией могут быть использованы типовые телефонные аппараты с исправными номеронабирателями (ТА-68, ТАН-66, ТА-1146, ТА-72М-5 и др.).

Терморегулятор

Терморегулятор предназначен для поддержания заданной температуры жидкости (например, фотораствора, воды в аквариуме, воды в системе электрического водяного отопления), воздуха в теплице, в жилом помещении и пр.

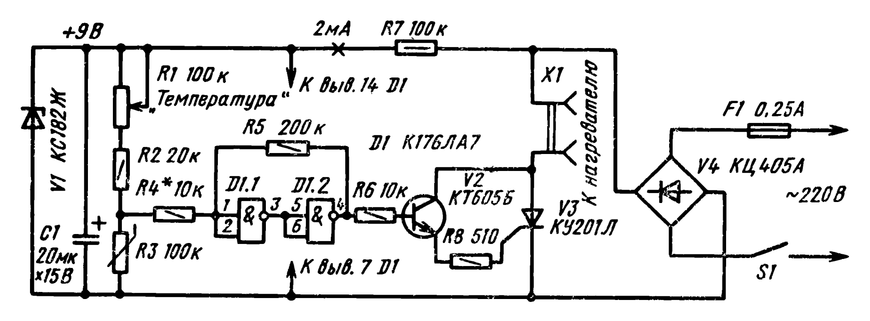


Рис. 83. Схема терморегулятора

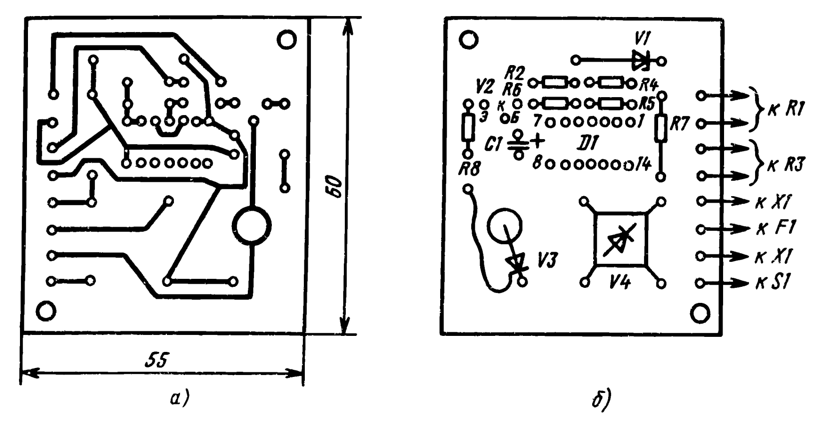


Рис. 84. Монтажная плата терморегулятора:
а — расположение печатных проводников; *б* — расположение деталей на плате

Основой терморегулятора (рис. 83) является триггер Шмитта, выполненный на логических элементах D1.1, D1.2 и резисторах R4, R5 (с его работой вы знакомы). На вход триггера поступает напряжение с делителя R1R2R3. Датчиком тепературы служит терморезистор R3. При увеличении температуры его сопротивление уменьшается и поданное на вход триггера напряжение также уменьшается, что приводит к переключению триггера. При этом на его выходе (вывод 4 микросхемы) устанавливается напряжение низкого уровня, транзистор V2 и тринистор V3 закрываются, нагреватель, подключенный к разъему X1, обесточивается. Температура воздуха или жидкости начинает уменьшаться, и при некотором ее значении триггер вновь переключается, включается нагреватель. В процессе работы такие включения и выключения периодически повторяются.

Температуру, при которой происходит переключение триггера, устанавливают переменным резистором R1. Точность поддержания заданной температуры определяется в основном сопротивлением резистора R4. Дело в том, что с увеличением его сопротивления увеличивается разница между порогами переключения триггера, следовательно, уменьшается точность поддержания температуры. Однако использовать резистор меньше 10 кОм не следует.

Мощность нагревателя не должна превышать 200 Вт. Если мощность необходи-

мо увеличить, следует подобрать тринистор V3 и соответственно мощность выпрямителя V4. Так, для мощности нагревателя 2000 Вт потребуются тринистор КУ202М и диоды Д246 (4 шт.), которые включают по схеме выпрямительного моста. Тринистор и диоды придется установить на радиаторах с поверхностью охлаждения 300 см² (для тринистора) и 70 см² (для каждого диода).

Терморезистор R3 может быть любого типа, например КМТ-1, КМТ-4, КМТ-12, ММТ-6 и др.

Печатная плата терморегулятора показана на рис. 84.

Электронное реле с малым гистерезисом

Электромагнитное реле срабатывает при токе, в несколько раз превышающем ток отпускания. Про такое реле иногда говорят, что оно обладает большим гистерезисом, т. е. большой разницей между напряжением срабатывания и напряжением отпускания. Так, реле РЭС-10 (паспорт РС4.524.302) срабатывает при напряжении около 14 В, а отпускает, когда напряжение на обмотке снизится до 2 В. Использовать такое реле в некоторых устройствах оказывается невозможно. Вот тогда приходит на помощь электронная приставка, позволяющая существенно уменьшить гистерезис и добиться срабатывания реле при изменении питающего напряжения всего лишь 0,05 . . . 0,1 В.

Схема такого электронного реле (ЭР) приведена на рис. 85. На транзисторах V2 и V3 собран усилитель постоянного тока, вход которого подключен к резистору R1, входящему в параметрический стабилизатор напряжения V1R1. При определенном значении питающего напряжения падение напряжения на этом резисторе становится достаточным для открывания транзистора V2, а значит, и транзистора V3. В этот момент срабатывает электромагнитное реле К1, контакты К1.1 которого могут включить световые или звуковые сигнализаторы или подать питание на дополнительное устройство. Но стоит немного уменьшиться питающему напряжению, как падение напряжения на резисторе R1 существенно уменьшится и реле К1 отпустит.

Изменением напряжения на эмиттере транзистора V2 подстроечным резистором R6 можно регулировать порог срабатывания электронного реле от 9 до 15 В. Диод V4 защищает транзистор V3 от напряжения самоиндукции, возникающего из-за наличия в цепи коллектора индуктивной нагрузки в виде обмотки реле.

Транзистор МП38 можно заменить на МП37, КТ312, КТ315 с любыми буквами; ГТ402Г — любым из серий ГТ402, ГТ403, П213, КТ814. Вместо диода Д220 подойдет любой диод из серий Д101 — Д106, Д7, Д226, КД509, а вместо стабилитрона Д818В — подойдут другие стабилитроны серии Д818, а также КС168А, Д814А. Подстроечный резистор R6 — типа СПО-0,25, постоянные резисторы — типа МЛТ-0,25. Реле К1 — типа РЭС-9 (паспорт РС4.524.202).

Детали электронного реле можно смонтировать на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 . . . 2 мм (рис. 86).

Примером использования такого электронного реле может быть автоматическое поддержание температуры в аквариуме. Резистор R5 в этом случае нужно заменить терморезистором ММТ-13 сопротивлением 360 Ом и опустить его в воду вертикально так, чтобы вода не касалась выводов терморезистора (можно поместить в пакетик из полиэтиленовой пленки). Нормально разомкнутые контакты реле РЭС-9 соединяют параллельно и включают в цепь питания электронагревателя. При понижении температуры воды сопротивление терморезистора увеличится, что приведет к уменьшению напряжения на эмиттере транзистора V2. Транзисторы V2 и V3 откроются, реле сработает и включит своими контактами электронагреватель.

Порог срабатывания реле устанавливают подстроечным резистором R6. Точность поддержания температуры будет зависеть от массы воды, мощности электронагре-

вателя и его инерционности и может составлять доли градуса. Нагревателем воды в аквариуме может служить электрическая плитка, осветительная лампа или набор резисторов типа ПЭВ (проволочные остеклованные резисторы). Но в любом варианте общая мощность нагревателя не должна превышать 300 Вт во избежание обгорания контактов реле. Контакты реле следует зашунтировать искрогасящей цепью (см. рис. 49).

Другой пример применения этого устройства — использование его для контроля разрядки автомобильной аккумуляторной батареи до напряжения 10,5 В. Это бывает нужно для определения емкости батареи или для циклической разрядки и зарядки при восстановлении сульфатированных аккумуляторов. Электронное реле в этом случае подключают к аккумуляторной батарее GB1 (рис. 87) через кнопку S1, зашунтированную контактами K1.1 и K1.2 электромагнитного реле K1. При нажатии на кнопку S1 "Пуск" реле K1 срабатывает, начинается разрядка батареи GB1 на нагрузку $R_н$. Когда напряжение на зажимах батареи уменьшится до 10,5 В, реле отпустит и батарея отключится от нагрузки и электронного реле.

Электронное реле с малым гистерезисом может найти применение в стабилизаторе напряжения источника питания аппаратуры (рис. 88). Регулирующим устройством в этом случае является лабораторный автотрансформатор T1, а исполнительным механизмом — реверсивный (т. е. с изменяемым направлением вращения) электродвигатель M1 с редуктором, выходная ось которого жестко соединена с ручкой автотрансформатора. Еще понадобятся два электронных реле (ЭР1 и ЭР2) с разными напряжениями срабатывания. Они питаются от вторичной обмотки трансформатора T2 через выпрямитель на диодах V1 — V4. Электронное реле ЭР1 срабатывает при понижении сетевого напряжения на нагрузке (а значит, и на первичной обмотке трансформатора T2) до 209 В, а ЭР2 — при повышении напряжения 231 В. Иначе говоря электронные реле позволяют следить за изменением сетевого напряжения на ±5 %.

Допустим, напряжение на нагрузке стало меньше минимального значения, т. е. меньше 209 В. В этом случае электромагнитные реле K1 и K2 обесточены и на обмотки электродвигателя M1 поступает такое напряжение, при котором ось редуктора поворачивает ручку автотрансформатора в сторону увеличения выходного напряжения. Как только оно достигнет 209 В, сработает реле K1 и напряжение с обмоток электродвигателя будет снято. Аналогично работает устройство и при повышении напряжения выше 231 В, но в этом случае электродвигатель будет поворачивать ось автотрансформатора в другую сторону.

Резистор R1 нужен для того, чтобы обеспечить необходимую нагрузку выпрямителю и тем самым уменьшить взаимное влияние электронных реле ЭР1 и ЭР2. Если его не будет, то напряжение на конденсаторе C1 станет сильно изменяться при срабатываниях и отпусканиях электромагнитных реле, а это может привести к дребезгу контактов реле и нарушению функционирования системы регулирования напряжения.

Конденсатор C1 в этом устройстве может быть типов К50-3, К50-6, К50-20; C2 — типов МБГО, МБГЧ, КБГ-МН. В качестве электродвигателя подойдет реверсивный двигатель с редуктором РД-09 мощностью 10 Вт, номинальным числом оборотов в минуту 1200 и передаточным числом редуктора 137. Трансформатор T2 — любой понижающий с напряжением на вторичной обмотке 10 . . . 12 В и током нагрузки не менее 300 мА (подойдет, например, выходной трансформатор кадровой развертки телевизоров ТВК-70).

Налаживание такого стабилизатора начинают с установки порогов срабатывания электронных реле в соответствии с допустимыми колебаниями сетевого напряжения (электродвигатель должен быть временно отключен). Затем при подключенном электродвигателе убеждаются в правильном направлении поворота ручки ав-

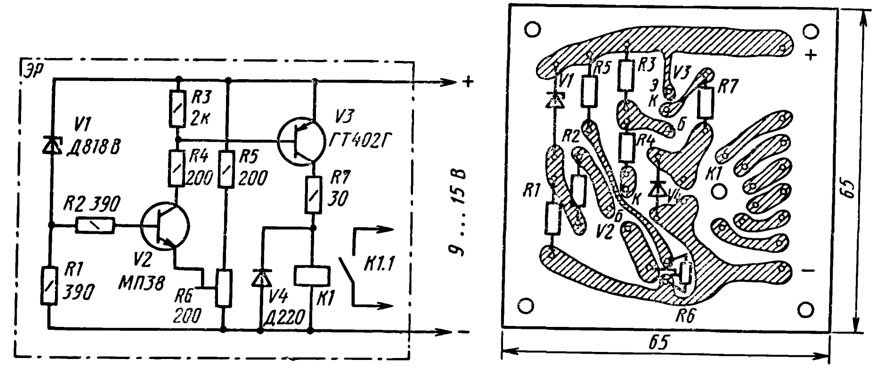


Рис. 85. Схема электронного реле

Рис. 86. Печатная плата и монтаж деталей на ней

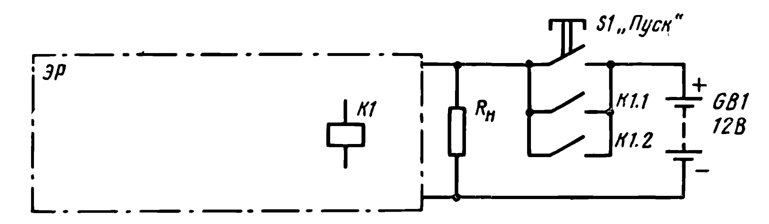


Рис. 87. Схема подключения электронного реле к автомату разрядки аккумуляторной батареи

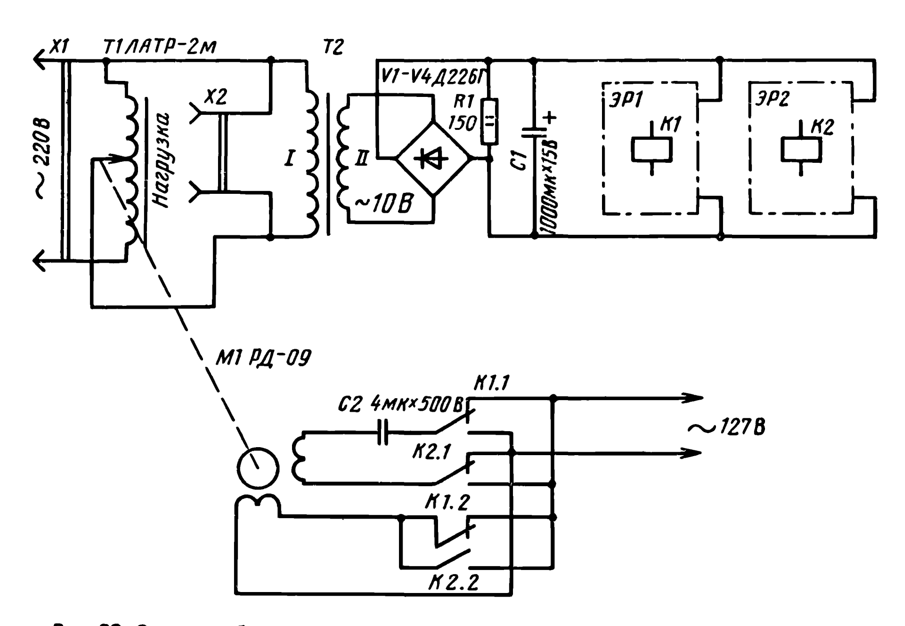


Рис. 88. Схема стабилизатора напряжения с использованием электронного реле

тотрансформатора при понижении или повышении напряжения на нагрузке. Если направление не соответствует, следует поменять местами выводы одной из обмоток электродвигателя.

Пороги срабатывания электронных реле в этом устройстве не следует делать слишком близкими — это может привести к возникновению низкочастотных автоколебаний в системе.

Разумеется, примеры применения электронного реле с малым гистерезисом этим не ограничиваются. Читатели могут самостоятельно разработать и другие устройства на основе этого электронного реле.

ДЛЯ ЛАБОРАТОРИИ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

В этой главе мы расскажем о некоторых устройствах, которые окажут определенную помощь радиолюбителям при конструировании и налаживании различной радиоаппаратуры, измерительных приборов, найдут другое практическое применение.

Регулятор мощности электропаяльника

Поддержание жала электропаяльника в надлежащем состоянии — одно из важнейших условий качественного монтажа радиодеталей. Жало паяльника должно быть ровным, без впадин и заусениц. Оно не должно быть перегретым, иначе припой будет окисляться и пайка окажется недостаточно прочной. Оптимальной считают такую температуру жала, при которой канифоль не испаряется сразу, а держится на жале в виде расплавленных блесток.

На рис. 89 представлена схема регулятора, позволяющего в широких пределах изменять подводимую к паяльнику мощность. Его схема во многом аналогична схеме регулятора мощности, показанной на рис. 67. Разница лишь в том, что для регулирования здесь использован один тринистор и нагрузка питается постоянным напряжением.

Тринистор V5 может быть типов КУ201, КУ202 с буквами К–М, Н. Диодный мост V1 — типов КЦ402, КЦ405 с буквами А–В. Остальные детали — те же, что и в мощном тиристорном регуляторе. Аналогично проводится и настройка регулятора мощности паяльника.

Детали регулятора мощности паяльника можно смонтировать на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита (рис. 90). Ее помещают в корпус подставки паяльника, изготовленный из фанеры. На верхней крышке корпуса укрепляют ванночки для припоя и флюса (для них удобно использовать жестяные крышки

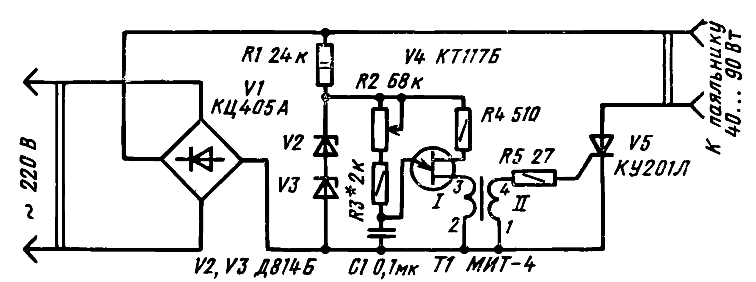
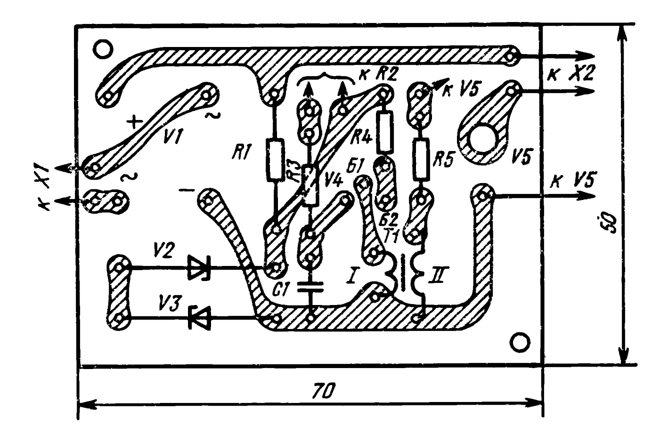


Рис. 89. Схема регулятора мощности электропаяльника

Рис. 90. Печатная плата регулятора мощности и размещение деталей на ней



от баночек с горчицей), гнезда для подключения паяльника, две пары гнезд для подключения к сети налаживаемых конструкций, переменный резистор R2.

Мощность паяльника, подключаемого к регулятору, может составлять 40 . . . 90 Вт.

Приспособление для удаления изоляции с монтажных проводов

Монтажные провода в пластмассовой изоляции радиолюбители зачищают обычно с помощью ножа, ножниц или бокорезов. При этом, как правило, повреждается и металлическая жила провода. Кроме того, шелковую оплетку, если она есть, удалить таким способом весьма трудно. Предлагаемое несложное устройство позволяет быстро и качественно удалять изоляцию с концов монтажных проводов типа МГШВ, МГТФ и др. При этом металлические жилы проводов совершенно не повреждаются.

Приспособление (рис. 91) представляет собой нихромовую проволоку 1, закрепленную на двух держателях 2 с помощью винтов 3. Держатели укреплены винтами на текстолитовой пластине 4 толщиной 6 . . . 10 мм. Здесь же установлена кнопка 5 с помощью винтов 6. Токоподводящие провода 7 закреплены жестяным хомутиком 8.

Для питания приспособления используется трансформатор, вторичная обмотка которого рассчитана на напряжение 4 . . . 5 В при токе 4 . . . 5 А. Можно применять трансформатор ТВК-110Л-1, удалив с него все вторичные обмотки и намотав новую вторичную обмотку, содержащую 45 витков провода ПЭВ-1 1,2. Первичная обмотка трансформатора во время выполнения работ все время включена в сеть, а нихромовую проволоку (ее диаметр 0,7 . . . 0,9 мм) с помощью кнопки кратковременно подключают к вторичной обмотке трансформатора.

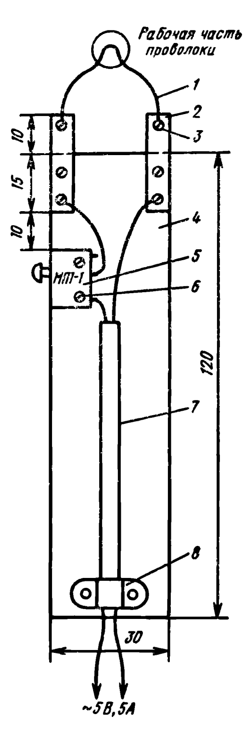


Рис. 91. Приспособление для удаления изоляции с монтажных проводов

Приспособление держат в правой руке, нажимают на 2 . . . 3 с кнопку и, вставив конец провода внутрь рабочей части нихромовой проволоки, поворачивают провод на 1 . . . 1,5 оборота. После этого изоляция легко снимается с помощью пинцета.

Источники питания

Устройства, собранные на полупроводниковых приборах (транзисторы, тринисторы, микросхемы) и электромагнитных реле, питаются от источников постоянного напряжения. Как правило, отклонения напряжения от номинального значения не должны выходить за границы определенных допусков (например, для микросхем серии К155 питающее напряжение должно составлять 5 В ± 5 %). Поэтому источник питания устройств кроме трансформатора и выпрямителя должен содержать еще и стабилизатор напряжения.

Основой стабилизатора напряжения чаще всего служит кремниевый стабилитрон, включенный в обратном направлении (катодом к положительному полюсу источника питания, анодом — к отрицательному). При таком включении напряжение на стабилитроне (напряжение стабилизации U_{CT}) мало зависит от тока через стабилитрон (тока стабилизации I_{CT}). Эти две величины и являются основными параметрами стабилитронов. Так, для стабилитрона КС156А напряжение стабилизации (номинальное) равно 5,6 В (при номинальном токе стабилизации 10 мА), а ток стабилизации может составлять от 3 до 50 мА. Если нагрузка потребляет больший ток, применяют усилитель тока. В простейшем случае это может быть транзистор, включенный по схеме с общим коллектором (эмиттерный повторитель).

Схема такого источника питания показана на рис. 92. Напряжение сети, пониженное трансформатором Т1 до 8 . . . 10 В, выпрямляется диодным мостом V1 — V4 и подается на стабилизатор напряжения, в котором транзистор V6 включен эмиттерным повторителем. Напряжение на выходе стабилизатора на 0,5 . . . 1 В меньше напряжения на стабилитроне V5. По аналогичной схеме можно строить стабилизаторы и на другие значения питающих напряжений; следует лишь для каждого случая подобрать соответствующие стабилитрон и сопротивление резистора R1. Максимальный выходной ток стабилизатора $I_{вых\ max}$ зависит от используемого стабилитрона и статического коэффициента передачи тока транзистора $h_{21э}$ и может быть найден по формуле

$$I_{вых\ max} = h_{21э} I_{ст\ max}.$$

Стабилизатор напряжения, собранный по схеме на рис. 92, обладает сравнительно невысокими эксплуатационными характеристиками, но тем не менее может успешно применяться для питания многих радиотехнических устройств (см., например, схемы на рис. 13, 22, 24, 50 и др.).

На рис. 93 приведена схема еще одного стабилизатора напряжения, но с использованием операционного усилителя (ОУ). Такие усилители имеют очень большой коэффициент усиления (несколько сотен и даже тысяч) и два входа — инвертирующий (на графическом изображении ОУ обозначают кружком) и неинвертирующий. Сигналы, поданные на эти входы, суммируются с учетом их знака и многократно

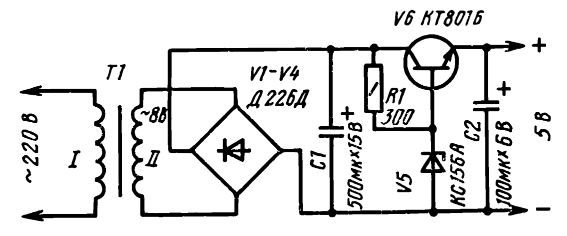


Рис. 92. Схема стабилизированного источника питания

Рис. 93. Схема стабилизатора напряжения с использованием в нем операционного усилителя

усиливаются. Характерная особенность стабилизатора напряжения с применением операционного усилителя заключается в том, что в нем выходное напряжение сравнивается с образцовым (опорным) и таким образом поддерживается на заданном уровне.

Рассмотрим по схеме более подробно работу такого стабилизатора напряжения. Выходное напряжение с делителя R2R3 подается на инвертирующий вход ОУ, а образцовое напряжение, снимаемое со стабилитрона V1, подается на неивертирующий вход. При небольшом изменении напряжения на выходе стабилизатора на инвертирующем входе (вывод 9) появляется сигнал рассогласования, который многократно усиливается и изменяет напряжение на регулирующем транзисторе V2 таким образом, что напряжение на выходе стабилизатора практически не изменяется. Этот процесс длится всего лишь несколько микросекунд.

Напряжение на выходе стабилизатора можно определить по упрощенной формуле

$$U_{вых} = U_{ст} (R_2 + R_3)/R_3.$$

Изменяя в небольших пределах сопротивления резисторов R2 и R3, можно изменять выходное напряжение стабилизатора. При этом, как видно из формулы, выходное напряжение не может быть меньше напряжения стабилизации стабилитрона.

Резистор R4 ограничивает выходной ток операционного усилителя, конденсатор C1 предотвращает возбуждение устройства. Коэффициент стабилизации этого источника напряжения составляет 200 . . . 400, а выходное сопротивление — несколько миллиом. Максимальный выходной ток равен произведению предельно допустимого выходного тока ОУ на коэффициент $h_{21Э}$ транзистора V2 и для данной схемы составляет 500 . . . 600 мА. Если же для питания устройства требуется больший ток, чем может обеспечить один регулирующий транзистор, следует применять составной транзистор.

На рис. 94, *а* показана схема составного транзистора, образованного транзисторами одной структуры (*п-р-п*), а на рис. 94, *б* — образованного транзисторами разных структур (V1 — *п-р-п*, V2 — *р-п-р*). Резистор R1 обеспечивает нормальную работу стабилизатора при высоких температурах окружающей среды и малых токах нагрузки. Ток, протекающий через этот резистор, должен быть значительно больше обратного тока коллекторного перехода транзистора V1 при наибольшей рабочей температуре. Если ток через регулирующий транзистор V1 превышает 70 . . . 100 мА, транзистор следует устанавливать на радиатор. Площадь радиатора можно приближенно подсчитать по такой формуле (для температуры окружающего воздуха около 20° С):

$$S = 25 U_{КЭ} I_{нагр},$$

где S — площадь поверхности охлаждения радиатора, см^2; $U_{КЭ}$ — напряжение между коллектором и эмиттером регулирующего транзистора, В; I — ток нагрузки стабилизатора, А.

На рис. 95 приведена схема еще одного варианта стабилизатора напряжения. В

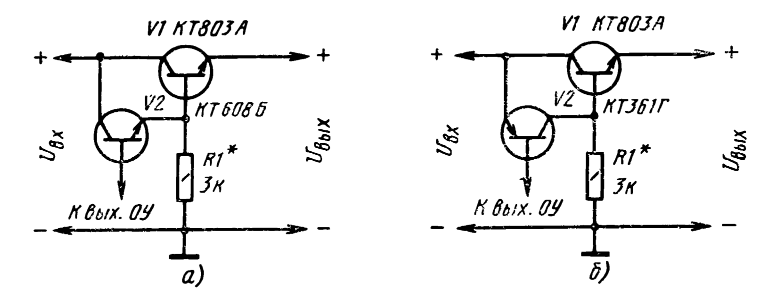


Рис. 94. Составной транзистор:
а — из транзисторов структуры *n-p-n*; *б* — из транзисторов разных структур

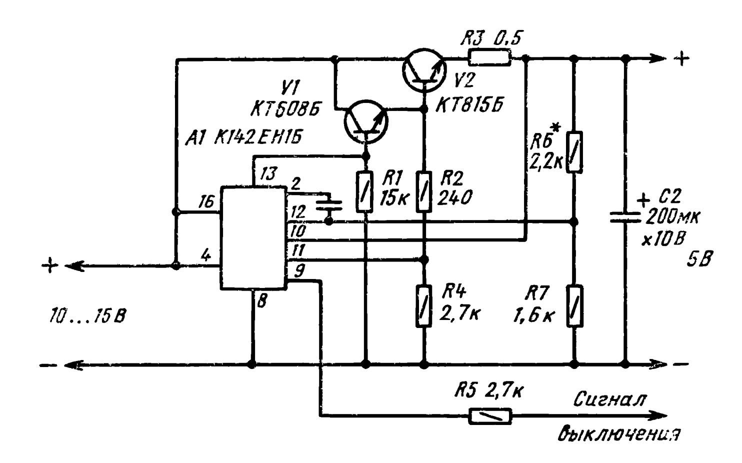


Рис. 95. Схема источника питания с использованием микросхемы — стабилизатора напряжения

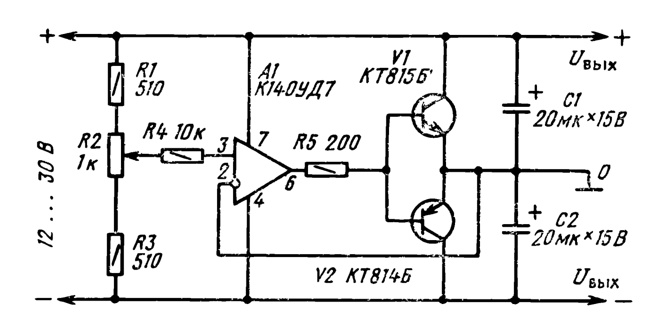


Рис. 96. Схема приставки для получения двуполярного напряжения из однополярного

нем применена интегральная микросхема К142ЕН1Б, представляющая собой стабилизатор напряжения. Вот ее основные параметры: диапазон изменения входного напряжения 9 . . . 20 В; пределы установки выходного напряжения 3 . . . 12 В; максимальный ток нагрузки 0,15 А; минимальное падение напряжения на регулирующем элементе 4 В. В микросхеме предусмотрена защита от перегрузок по току и коротких замыканий.

Для указанных на схеме рис. 95 транзисторов и номиналов резисторов выходное напряжение равно 5 В, а ток срабатывания защитного устройства — около 1 А (при уменьшении тока через нагрузку устройство автоматически принимает исходное состояние). При необходимости ток ограничения $I_{огр}$ может быть изменен подбором резистора R3. Его сопротивление рассчитывают по формуле

$$R_3 = 0{,}5/I_{огр},$$

где R3 — в омах, $I_{огр}$ — в амперах.

Выходное напряжение устанавливают подбором резистора R6.

В микросхеме предусмотрен вход выключения стабилизатора. При подаче на вывод 9 через резистор R5 напряжения 2 . . . 3 В напряжение на выходе становится равным нулю. Удобно управлять включением и выключением стабилизатора с помощью цифровых микросхем, имеющих питание 5 В.

Иногда возникает необходимость получить двуполярное напряжение от однополярного источника (например, для питания операционных усилителей). В этом случае можно воспользоваться приставкой, схема которой приведена на рис. 96.

Устройство представляет собой усилитель постоянного тока, выполненный на операционном усилителе А1 и транзисторах V1, V2, включенных по схеме эмиттерного повторителя. Работает устройство следующим образом. Задающее напряжение подается на неинвертирующий вход ОУ (вывод 3) с делителя R1 — R3 через резистор R4. На инвертирующий вход ОУ (вывод 2) подается сигнал с выхода эмиттерного повторителя (сигнал отрицательной обратной связи). Допустим, что по какой-либо причине напряжение на выходе эмиттерного повторителя стало больше, чем напряжение на движке переменного резистора R2. Тогда на входах ОУ будет действовать результирующий отрицательный сигнал. Напряжение на выходе ОУ при этом уменьшится, что вызовет приоткрывание транзистора V2 и призакрывание транзистора V1. В результате напряжение на выходе понизится. Поскольку коэффициент усиления ОУ составляет несколько десятков тысяч (для данного типа более 30 000), то в процессе работы напряжения на входах ОУ будут равны, следовательно, напряжение на выходе эмиттерного повторителя полностью определяется положением движка переменного резистора R2.

Операционный усилитель К140УД7 можно заменить на К140УД8, К140УД14, К140УД20, К140УД9. Выбор транзисторов V1, V2 определяется максимальным током, который необходимо получить от источника. Заметим, что через эти транзисторы протекает ток, равный разности токов нагрузок, подключенных к положительному и отрицательному выходам. Исходя из этого следует выбирать и радиаторы для транзисторов. Кроме того, ток через транзисторы не может быть больше максимального выходного тока ОУ, умноженного на статический коэффициент передачи тока транзисторов $h_{21Э}$. В данном случае он может достигать 200 мА. При необходимости получения бо́льших токов следует применять составные транзисторы.

Двуполярный блок питания

Для питания многих радиотехнических устройств требуется стабилизированный двуполярный источник постоянного напряжения. Схема возможного варианта такого блока показана на рис. 97. Напряжения на обоих его плечах регулиру-

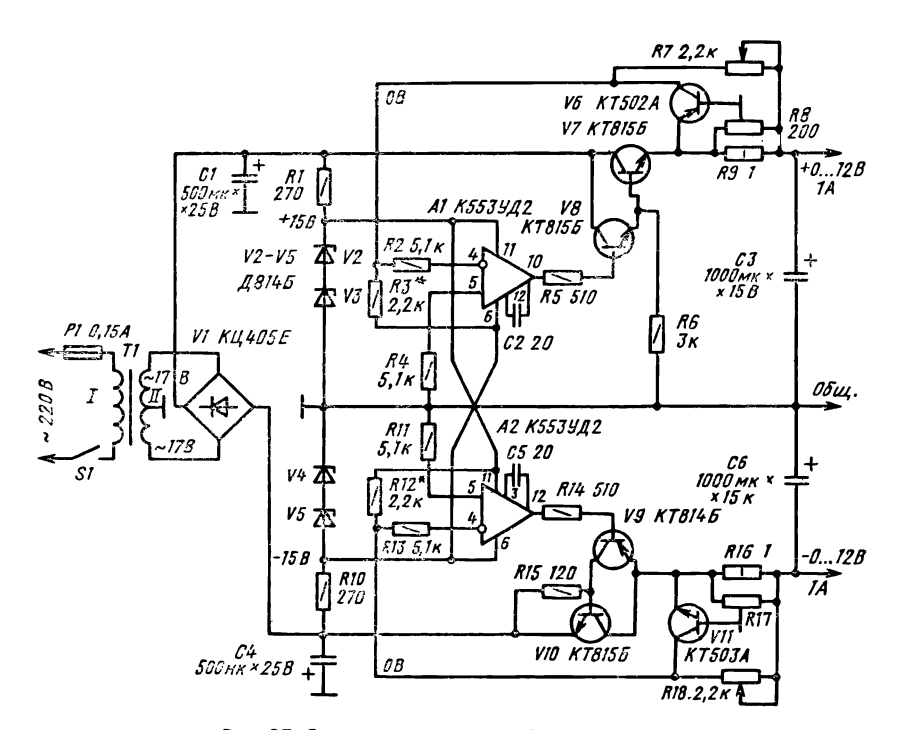


Рис. 97. Схема двуполярного блока питания

ются независимо в пределах 0 . . . 12 В. Максимальный выходной ток блока питания 1 А. Коэффициент стабилизации по входному напряжению не менее 2000, выходное сопротивление не более 0,01 Ом.

Принцип действия этого стабилизатора напряжения аналогичен рассмотренному выше, но имеется и существенное отличие. Оно состоит в том, что оба операционных усилителя питаются двуполярным напряжением, снимаемым с параметрических стабилизаторов V2V3R1 и V4V5R10. Благодаря такому включению ОУ напряжение на его выходе может изменяться от максимального отрицательного до максимального положительного значения. Это позволило обеспечить регулирование выходного напряжения обеих полярностей, начиная от 0 В. При питании ОУ однополярным напряжением, как это сделано в предыдущей схеме, минимальное значение выходного напряжения составит 2 . . . 4 В, а это ограничит возможности стабилизатора при наладке различных устройств.

Неинвертирующие входы обоих ОУ (выводы 5 микросхем) через резисторы R4 и R11 соединены с общим проводом, поэтому на этих входах ОУ — нулевой потенциал. В процессе работы такой же потенциал поддерживается и на инвертирующих входах ОУ (выводы 4 микросхем); напряжение на них подается через резисторы R2 и R13 с делителей напряжения R3R7 и R12R18. Изменением сопротивлений резисторов R7 и R18 можно изменять выходное напряжение от минимального (движки резисторов в крайнем левом по схеме положении) до максимального (движки резисторов в крайнем правом по схеме положении).

Элементы V6, R8, R9 и V11, R16, R17 образуют систему защиты стабилизаторов от перегрузок по току. Рассмотрим работу системы защиты на примере верхнего (по схеме) плеча стабилизатора. Выходной ток стабилизатора, протекая через ре-

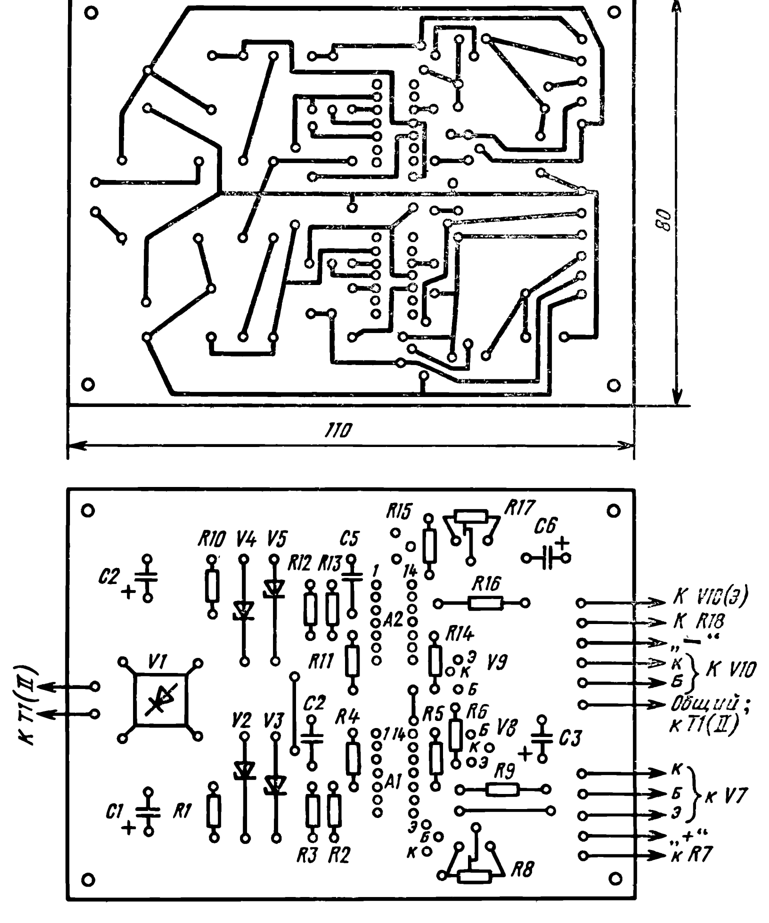


Рис. 98. Монтажная плата блока питания:
а — расположение печатных проводников; *б* — расположение деталей на плате

зистор R9, создает на нем падение напряжения. В зависимости от положения движка подстроечного резистора R8 при определенном значении выходного тока начинает открываться транзистор V6, уменьшая напряжение между выходным "плюсовым" проводом и инвертирующим входом ОУ A1. При этом составной транзистор V7V8 начинает закрываться, ограничивая тем самым выходной ток стабилизатора на определенном уровне.

При налаживании различных устройств, питаемых от такого блока, можно устанавливать различные токи ограничения.

Блок питания не боится и коротких замыканий — при этом выходной ток каждого плеча также ограничивается системами защиты. Однако при длительном (несколько минут) коротком замыкании могут из-за перегрева выйти из строя регулирующие транзисторы V7 и V10.

Транзисторы V7 и V10 устанавливают на самостоятельных теплоотводящих ра-

диаторах с охлаждающей поверхностью не менее 200 см^2. Помимо обозначенных на схеме в качестве их можно применять транзисторы типов КТ815, КТ817, КТ819, КТ803, КТ808, КТ903 с любыми буквенными индексами; в качестве V9 можно рекомендовать КТ814, КТ816, КТ502, МП25, МП26 с любыми буквами; в качестве V8 — КТ608, КТ602, КТ630, КТ503 с любыми буквами; V6 и V11 — любого типа на допустимое напряжение между коллектором и эмиттером не менее 25 В соответствующей структуры. Конденсаторы С1, С3, С4, С6 — К50-6, К50-3; С2, С5 — типов КТ-2а, К10-7в, подстроечные резисторы R8 и R17 — типов СП5-2, переменные R17 и R18 — проволочные типа ППБ-2А (можно применять и обычные углеродистые — типов СП-1, СП-2, но срок их службы будет меньше). Номинальное значение сопротивления переменных резисторов может составлять 1 . . . 10 кОм, надо лишь помнить, что номиналы резисторов R3 и R7, R12 и R18 должны быть одинаковыми. Постоянные резисторы — типа МЛТ. Трансформатор Т1 намотан на ленточном магнитопроводе ШЛ16Х32. Обмотка I содержит 1320 витков провода ПЭВ-1 0,23, обмотка II — 210 витков провода ПЭВ-1 0,62 с отводом от середины.

Двуполярный блок питания собран на печатной плате (рис. 98).

Налаживание двуполярного блока питания состоит в подборе резисторов R3 и R12 таким образом, чтобы при крайнем правом (по схеме) положении движков переменных резисторов R7 и R18 напряжения на выходах обоих плеч были бы максимальными и составляли 12 . . . 13 В. Подстроечными резисторами R8 и R17 устанавливают необходимый ток ограничения.

Генераторы прямоугольных импульсов

Генераторы прямоугольных импульсов используют во многих радиотехнических устройствах: электронных счетчиках, игровых автоматах, применяют при настройке цифровой техники. Диапазон частот таких генераторов может быть от единиц герц до многих мегагерц.

На рис. 99 приведена схема генератора, который формирует одиночные импульсы прямоугольной формы при нажатии кнопки S1. На логических элементах D1.1 и D1.2 собран RS-триггер, предотвращающий проникновение импульсов дребезга контактов кнопки на пересчетное устройство. В положении контактов кнопки S1, показанном на схеме, на выходе 1 будет напряжение высокого уровня, на выходе 2 — напряжение низкого уровня; при нажатой кнопке — наоборот. Этот генератор удобно использовать при проверке работоспособности различных счетчиков.

На рис. 100 показана схема простейшего импульсника на электромагнитном реле. При подаче питания конденсатор С1 заряжается через резистор R1 и реле срабатывает, отключая источник питания контактами К1.1. Но реле отпускает не сразу, поскольку некоторое время через его обмотку будет протекать ток за счет энергии, накопленной конденсатором С1. Когда контакты К1.1 опять замкнутся, снова начнет заряжаться конденсатор — цикл повторится.

Частота переключений электромагнитного реле зависит от его параметров, а также номиналов конденсатора С1 и резистора R1. При использовании реле РЭС-15 (паспорт РС4.591.004) переключение происходит примерно один раз в секунду.

Такой генератор можно использовать, например, для коммутации гирлянд на новогодней елке, для получения других световых эффектов. Его недостаток — необходимость использования конденсатора значительной емкости.

На рис. 101 приведена схема еще одного генератора на электромагнитном реле, принцип работы которого аналогичен предыдущему генератору, но обеспечивает частоту импульсов 1 Гц при емкости конденсатора вдесятеро меньшей. При подаче питания конденсатор С1 заряжается через резистор R1. Спустя некоторое время откроется стабилитрон V1 и сработает реле К1. Конденсатор начнет разряжаться

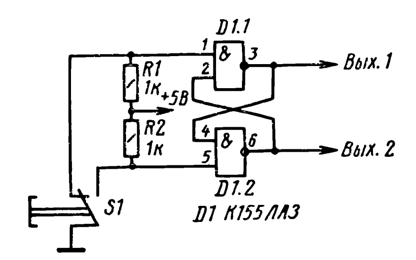


Рис. 99. Схема формирователя одиночных импульсов

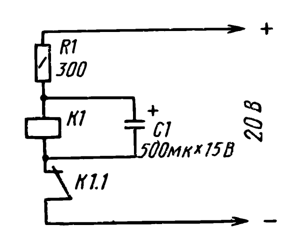


Рис. 100. Схема импульсника на электромагнитном реле

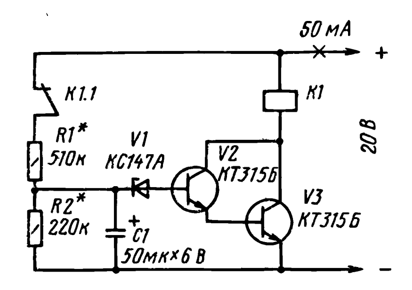


Рис. 101. Схема генератора импульсов на транзисторах и электромагнитном реле

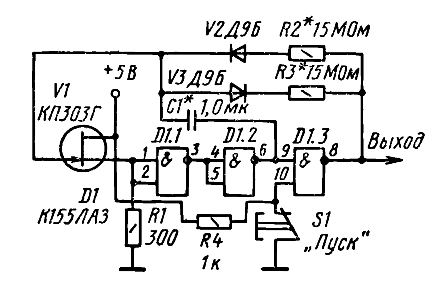


Рис. 102. Схема широкодиапазонного генератора импульсов

через резистор R2 и входное сопротивление составного транзистора V2V3. Вскоре реле отпустит и начнется новый цикл работы генератора. Включение транзисторов V2 и V3 по схеме эмиттерного повторителя повышает входное сопротивление каскада.

Реле К1 может быть таким же, как и в предыдущем устройстве. Но можно использовать РЭС-9 (паспорт РС4.524.201) или любое другое реле, срабатывающее при напряжении 15 . . . 17 и токе 20 . . . 50 мА.

В генераторе импульсов, схема которого приведена на рис. 102, использованы логические элементы микросхемы D1 и полевой транзистор V1. При изменении номиналов конденсатора С1 и резисторов R2 и R3 он генерирует импульсы частотой от 0,1 Гц до 1 МГц. Такой широкий диапазон получен благодаря использованию полевого транзистора, что позволило применить резисторы R2 и R3 сопротивлением в несколько мегаом. С помощью этих резисторов можно изменять скважность импульсов: резистор R2 задает длительность высокого потенциала на выходе генератора, а резистор R3 — длительность низкого потенциала. Максимальная емкость конденсатора С1 зависит от его собственного тока утечки. В данном случае она составляет 1 . . . 2 мкФ. Сопротивления резисторов R2, R3 могут быть 10 . . . 15 МОм. Транзистор V1 может быть любым из серий КП302, КП303.

Этот генератор целесообразно собрать в корпусе и использовать как самостоятельный прибор для настройки цифровых устройств.

Иногда возникает необходимость в построении генератора, который формирует число импульсов, соответствующее номеру нажатой кнопки. Его можно использовать, например, при налаживании характериографов или экзаменаторов, в кото-

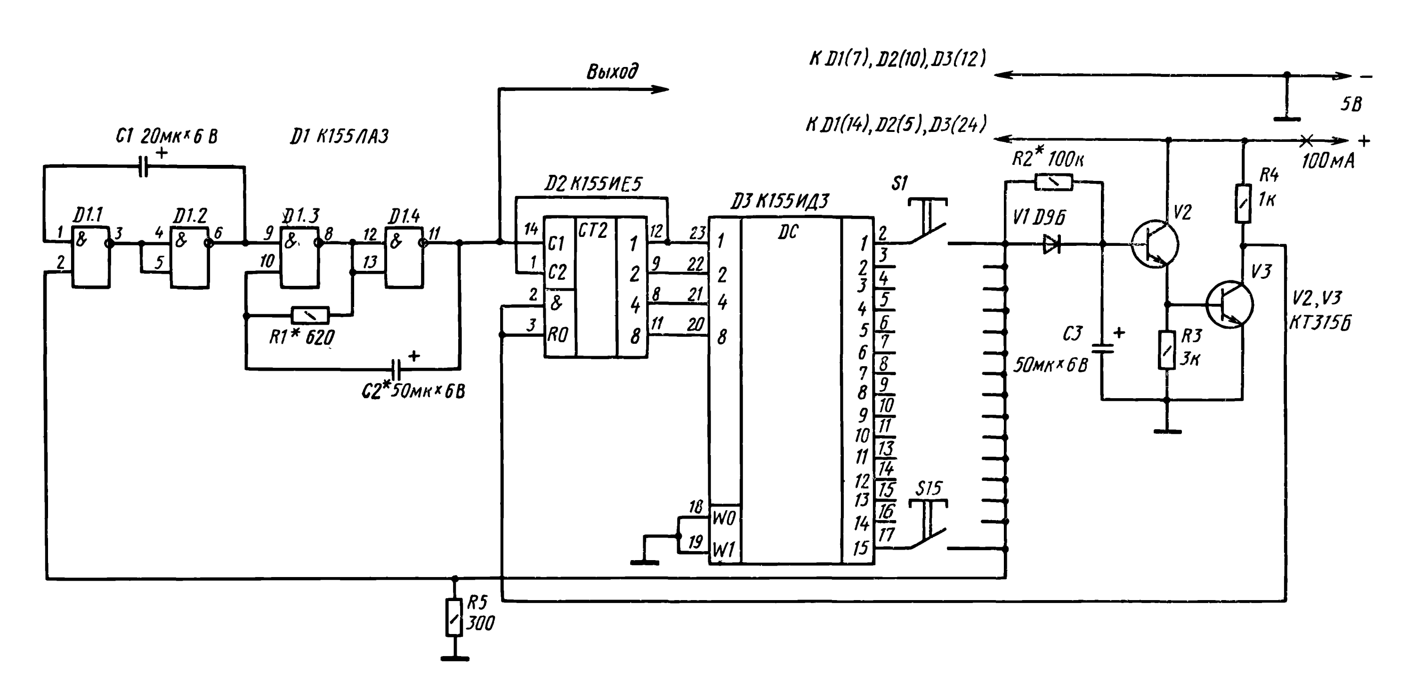


Рис. 103. Схема число-импульсного генератора (вариант I)

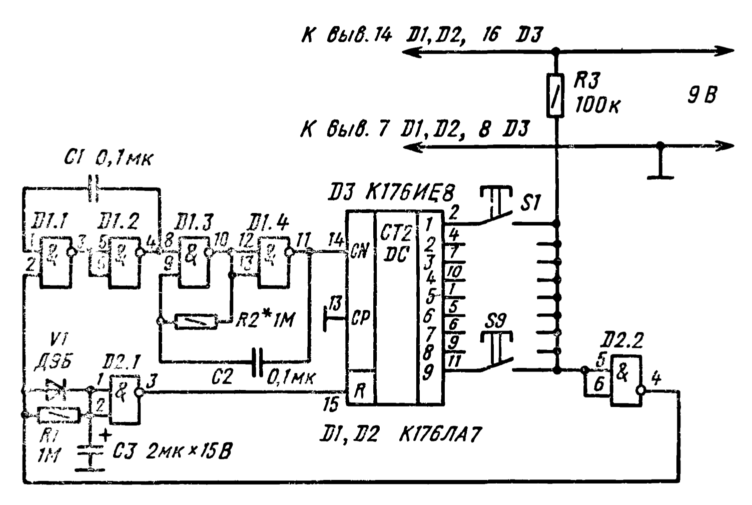


Рис. 104. Схема число-импульсного генератора (вариант II)

рых каждому ответу соответствует определенное число очков. Принципиальная схема такого число-импульсного генератора приведена на рис. 103.

Устройство состоит из генератора импульсов, счетчика и дешифратора. Генератор, вырабатывающий прямоугольные импульсы с частотой следования около 10 Гц, собран на логических элементах D1.3, D1.4. С выхода элемента D1.4 импульсы поступают на двоично-десятичный счетчик, собранный на микросхеме D2. Четыре выхода этого счетчика (выводы 12, 9, 8 и 11) соединены со входами микросхемы D3, представляющей собой дешифратор на 4 входа и 16 выходов. Напомним, как он работает. При работе счетчика на одном из выходов дешифратора присутствует напряжение низкого уровня, причем номер этого выхода соответствует десятичному эквиваленту двоичного числа, поданного в двоичном коде на вход дешифратора.

При подаче питающего напряжения на выводе 9 элемента D1.3 будет напряжение низкого уровня и импульсы с выхода генератора на вход счетчика не поступят. При нажатии одной из кнопок S1 — S15 конденсатор C3 мгновенно заряжается через диод V1 до напряжения высокого уровня, на выводах 2 и 3 микросхемы D2 в это время появляется напряжение низкого уровня, устанавливающее счетчик в состояние счета входных импульсов. Одновременно через замкнутый контакт нажатой кнопки напряжение высокого уровня поступает на вход элемента D1.1 (вывод 2) и импульсы подаются на счетчик. При работе счетчика на выходах дешифратора последовательно возникает напряжение низкого уровня. Как только оно появится на выходе, с которым соединен левый (по схеме) контакт нажатой кнопки, подача импульсов на вход счетчика прекратится. С вывода 11 элемента D1.4 будет снято число импульсов, соответствующее номеру нажатой кнопки. Если продолжать удерживать кнопку нажатой, то через некоторое время конденсатор C3 разрядится через резистор R2, счетчик D2 установится в нулевое состояние и генератор выдаст новую серию импульсов. Вполне понятно, что до окончания серии импульсов нажатую кнопку отпускать нельзя.

Формирователь импульсов на элементах D1.1 и D1.2, представляющий собой ждущий мультивибратор, предотвращает проникновение импульсов, создающихся дребезгом контактов кнопок, на вход счетчика.

Настройка устройства заключается в установке подбором резистора R1 и кон-

денсатора С2 требуемой частоты следования импульсов генератора от единиц герц до десятков килогерц.

На рис. 104 представлена схема еще одного число-импульсного генератора, аналогичного по принципу работы описанному выше. Благодаря применению микросхем серии К176 схема генератора упростилась. Генератор формирует от 1 до 9 импульсов.

В описанных здесь генераторах импульсов можно использовать резисторы МЛТ-0,25, конденсаторы К50-6, КМ-6. Транзисторы КТ315Б можно заменить тран зисторами из серий КТ312, КТ315, КТ316. Диоды — любые из серий Д7, Д9, Д311. Кнопки — типов П2К, КМ1 и др. Микросхемы могут быть серий К133, К134, К136, К158 для первого варианта; К561 — для второго варианта.

Список литературы в помощь радиотехническим кружкам и радиолюбителям

Алексеев С. Применение микросхем серии К155 // Радио. — 1977. — № 10. — С. 39—41; 1978. — № 5. — С. 37, 38; 1982. — № 2. — С. 30—34; 1986. — № 5. — С. 28—30; 1986. — № 6. — С. 44—45; 1986. — № 7. — С. 32—34; 1987. — № 9. — С. 38—40; 1987. — № 10. — С. 43—44.

Алексеев С. Применение микросхем серии К176 // Радио. — 1986. — № 4. — С. 25—28; 1984. — № 5. — С. 36—40; 1984. — № 6. — С. 32—35.

Белоусов А. Пробник для микросхем // Юный техник. — 1985. — № 10. — С. 72—75.

Бирюков С. А. Цифровые устройства на интегральных микросхемах. — М.: Радио и связь, 1984. — 88 с.

Борисов В. Г. Юный радиолюбитель. — 7-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1985. — 440 с.

Васильев В. А. Приемники начинающего радиолюбителя. — М.: Радио и связь, 1984. — 80 с.

Вдовикин А. И. Занимательные электронные устройства. — М.: Радио и связь, 1981. — 80 с.

Дробница Н. А. Электронные устройства для радиолюбителей. — М.: Радио и связь, 1985. — 48 с.

Жеребцов И. П. Основы электроники. — 4-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергоатомиздат, 1985. — 352 с.

Иванов Б. С. В помощь радиокружку. — М.: Радио и связь, 1982. — 128 с.

Интегральные микросхемы: Справочник / Б. В. Тарабрин, Л. Ф. Лунин, Ю. Н. Смирнов и др.; Под ред. Б. В. Тарабрина. — 2-е изд., испр. — М.: Энергоиздат, 1985. — 528 с.

Князькин В. Конструируем печатную плату // Моделист-конструктор. — 1986. — № 9. — С. 46—47.

Ковалев В. Г., Лебедев О. Н. Электронные часы на микросхемах. — М.: Радио и связь, 1985. — 72 с.

Лихачев В. Д. Практические схемы на операционных усилителях. — М.: ДОСААФ, 1981. — 80 с.

Новиков А. Бесконтактная АТС // Радио. — 1986. — № 4. — С. 53—55.

Мальцева Л. А., Фромберг Э. М., Ямпольский В. С. Основы цифровой техники. — М.: Радио и связь, 1986. — 128 с.

Партин А. С., Борисов В. Г. Введение в цифровую технику. — М.: Радио и связь, 1987. — 64 с.

Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: Справочник / В. И. Иванов, А. И. Аксенов, А. М. Юшин; Под ред. Н. Н. Горюнова. — М.: Энергоиздат, 1984. — 184 с.

Полупроводниковые приборы: диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / Под ред. Н. Н. Горюнова. — М.: Энергоиздат, 1982. — 744 с.

Полупроводниковые приборы: Транзисторы. Справочник / В. Л. Аронов, А. В. Баюков, А. А. Зайцев и др.; Под ред. Н. Н. Горюнова. — 2-е изд., перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 904 с.

Сергеев Б., Князев С. Электроника для экономных // Юный техник, 1986. — № 2. — С. 65—69.

Справочник радиолюбителя-конструктора. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1983. — 560 с.

Сучков О. Универсальные макетные платы // Моделист-конструктор. — 1986. — № 5. — С. 45 — 47.

Содержание

75 к.

МРБ

Конструкции юных радиолюбителей

Издательство «Радио и связь»